CAPSULA ESPACIAL

Revista digital de astronáutica y espacio

Nº 1 - 2018

Apollo-11

El gran paso a la conquista lunar

Integrantes de la misión

El Módulo Lunar

Instrumentos a bordo

Estudios en la superficie

Queridos Amigos

Luego de un lapso de tiempo, vuelve con nuevo formato y con mayor cantidad de información *Cápsula Espacial*, como siempre, con más ganas de encontrar un público interesado en la astronáutica, astronomía y también se le agregará en esta oportunidad la aeronáutica.

A lo largo de estos años hubo nuevos descubrimientos y tecnologías, en tan pocos años, como el que podamos apreciar tan de cerca a un cometa, objetivo llevado a cabo por la Misión Rosetta; fotografiar un planeta hasta ese momento inexplorado del Sistema Solar como lo hizo la sonda New Horizons con Plutón y su luna Caronte; nuevas fotografías de Marte con vehículos surcando su terreno, sondas a Júpiter, Saturno y al planeta enano Ceres, nuevos telescopios espaciales; el fin de una era, la del STS y el advenimiento de nuevos cohetes como el SLS de NASA, el New Sheppard y Falcon de empresas privadas, el Vega europeo o como el Tronador-II argentino, así como nuevas investigaciones en aviación, nuevos descubrimientos astronómicos sobre galaxias, planetas extrasolares y objetos distantes del Universo, en fin, mucho para leer y aprender sobre estos temas, tan interesantes, como apasionantes.

Lanzamiento SLA

Bienvenidos a este primer número de *Cápsula Espacial* conmemorando los 50 años de la llegada del hombre a la Luna y el lanzamiento de una nueva institución en Paraná, Entre Ríos; la Sociedad Lunar Argentina (SLA), siendo ésta, parte integrante de la Liga Iberoamericana de Astronomía (LIADA) y que con su Punto de Observación N° 1 formado en el Club Astronómico "Sociedad Lunar Paranaense" (SLP) tratará de temas sobre la exploración espacial al Sistema Solar, como también estudios sobre la superficie Lunar. No queremos que nadie quede afuera en esta nueva aventura espacial, por eso queremos extender nuestra invitación a astrónomos aficionados y profesionales, público en general ávido de estos temas y a Asociaciones, Sociedades, Centros astronómicos, Planetarios y Observatorios astronómicos de Argentina como también internacionales a ser parte de la SLA tomando en cuenta los siguientes contactos:
https://sociedadlunarparanaensesla.blogspot.com

https://sites.google.com/site/slasociedadlunarargentina/

Muchas Gracias

Biagi Juan

Contactos

https://capsula-espacial.blogspot.com

https://www.facebook.com/capsula.espacial

https://www.instagram.com/capsula_espacial/

r.capsula.espacial@gmail.com

Usted puede colaborar con la revista para la creación de contenidos a través de los botones de donación que posee el Blog.

Foto de portada: Edwin "Buzz" Aldrin (segundo hombre en pisar la luna) caminando junto al LEM en suelo selenita. (NASA)

El 21 de julio de 1969, con las palabras "*Aquí, Base Tranquilitatis, el Águila ha alunizado*" se daba por finalizada (aunque luego hubo 5 misiones más) la aventura espacial más importante de todos los tiempos, años de estudios, ingeniería, entrenamientos y pruebas tenían como un único objetivo el poner un pie en la Luna y así poder ganar una ardua carrera espacial contra la otra potencia espacial, la URSS.

Aquí, conmemoramos, al cumplirse 50 años de la llegada del hombre a la Luna y demostramos de qué manera estaba compuesta la misión espacial Apollo y como fue su viaje.

Contenido

Complejo Espacial Apollo

Tripulación de la misión

Elección de lugar de alunizaje

Cohete Saturn V

Módulo de Comando

Módulo de Servicio

Módulo de Exploración Lunar

Traje espacial

Instrumentos científicos

Cámaras utilizadas durante el vuelo, alunizaje y actividades lunares

Radiación en el espacio

Centros de recepción de datos

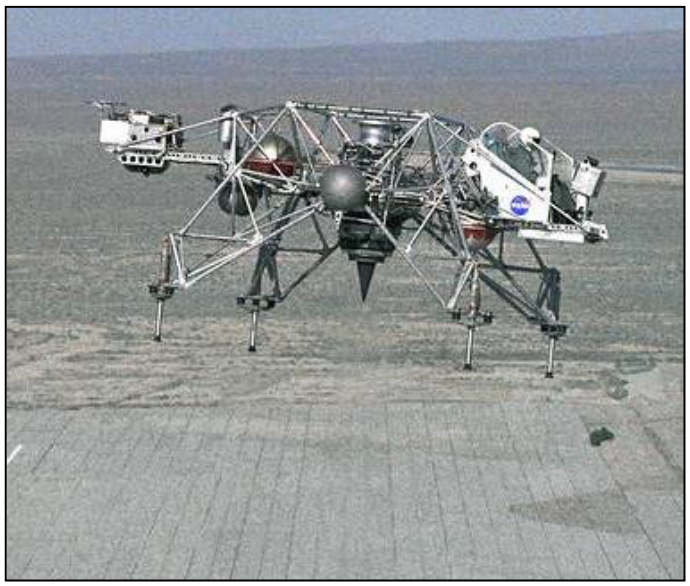
Viaje y alunizaje

Amerizaje

Complejo Espacial Apollo

Si bien ya se habían probado todas las tecnologías necesarias para poder llegar a la Luna, por ejemplo, en el Apollo-7 y Apollo-8 se probaron los acoples en el espacio, en los Apollo-9 y Apollo-10 la circunnavegación alrededor de la Luna y pruebas con el Módulo de Exploración Lunar (LEM) del cual eran muy impresionantes desde el punto de vista tecnológico, pero, faltaba lo más importante, que era llegar al suelo selenita, recoger rocas, hacer estudios científicos, tomar fotografías y volver sano y salvo a la Tierra, junto con el trabajo, el sueño cumplido y el preciado contenido.

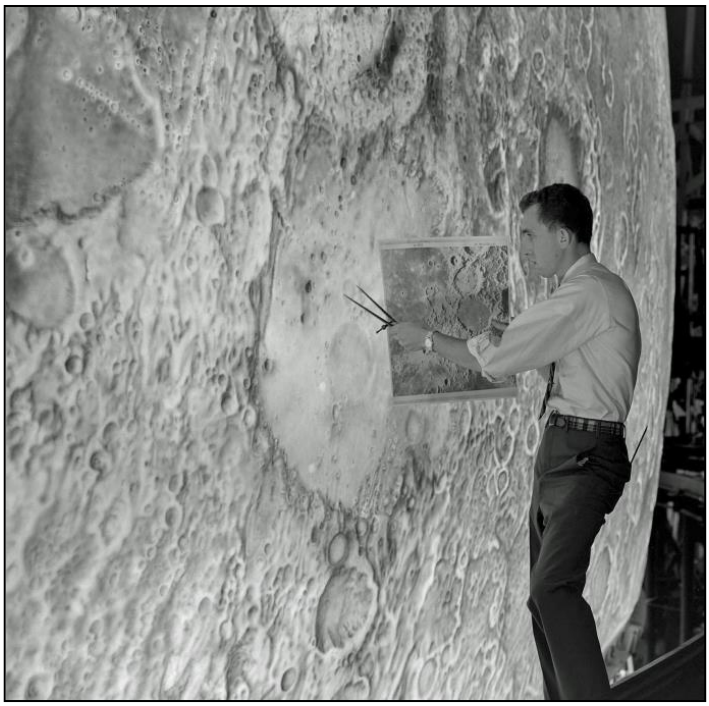
Los miembros de la tripulación que tendrían el honor de posarse por primera vez en el suelo del satélite terrestre habían sido designados en enero de 1969, dada la trascendencia de la misión que habría de serles confiada, la tripulación del Apollo-11 estaría constituida por tres veteranos de vuelos espaciales, como comandante de la nave se designó a Neil Armstrong (Gemini-8) y como piloto del Módulo de Exploración Lunar a Edwin "Buzz" Aldrin (Gemini-12), mientras que para el puesto del Módulo de Comando se eligió a Mike Collins (Gemini-10), ya repuesto de una dolencia que le impidió tomar parte del vuelo del Apollo-8, Armstrong había realizado las pruebas en tierra del Módulo Lunar en la Base de Vuelos Experimentales Edwards, de la Fuerza Aérea, en las cuales estuvo a punto de perder la vida debido a un accidente con el vehículo experimental denominado Vehículo de Investigación de Alunizaje (LLRV).

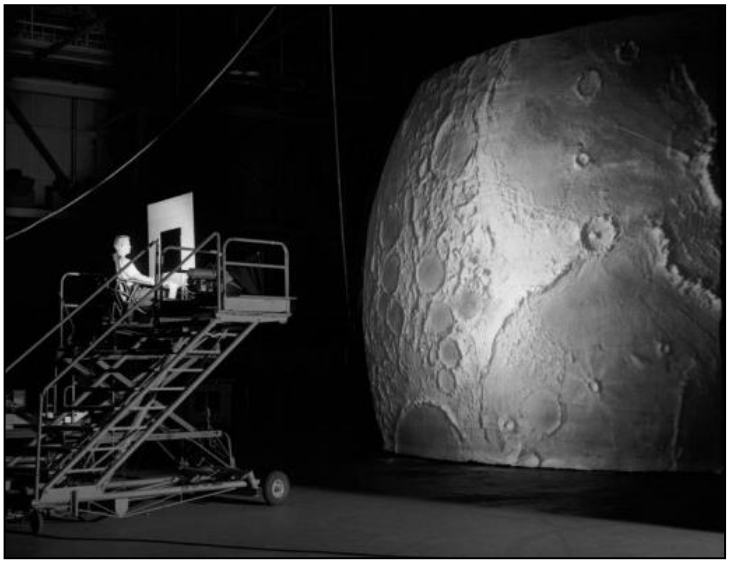


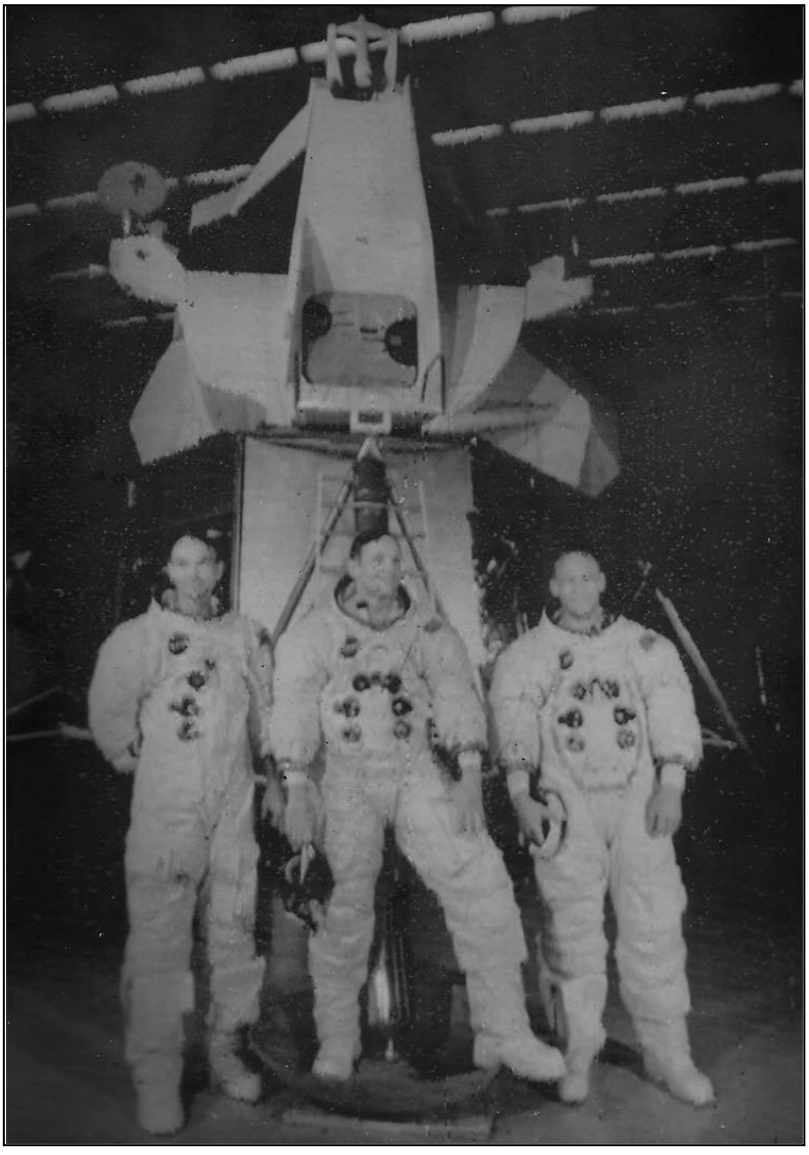
De los tres hombres, solo dos podrían llegar a la superficie lunar, Armstrong y Aldrin, para lo cual utilizarían el vehículo que ya había demostrado su utilidad en la órbita de nuestro satélite natural en anteriores misiones, mientras que el tercer miembro de la tripulación, Collins, debería permanecer orbitando en espera de su regreso si todo salía bien; la importancia de su papel en la operación sería decisiva, sin una perfecta cooperación entre los tres hombres, nunca podría llevarse a cabo semejante proeza.

Durante seis meses, los tres componentes del grupo se vieron sometidos a un intenso entrenamiento entre simuladores de vuelo como el Lunar Orbit Landing Approach (LOLA) centrifugadoras, maniobras de acoplamiento, como también estar varios días en lugares inhóspitos como la selva panameña y desiertos (esto se debía a que si la nave aterrizaba en su llegada a la Tierra en algún lugar en que su búsqueda se tardaría varios días, los astronautas tenían que estar preparados para sobrellevar ese tiempo) Armstrong y Aldrin tuvieron que ocuparse además del estudio minucioso de los mapas lunares realizados por observaciones en vuelos anteriores, aprendiendo también todos los datos geológicos que le permitieran obtener el máximo beneficio de sus tareas de exploración en el suelo lunar.

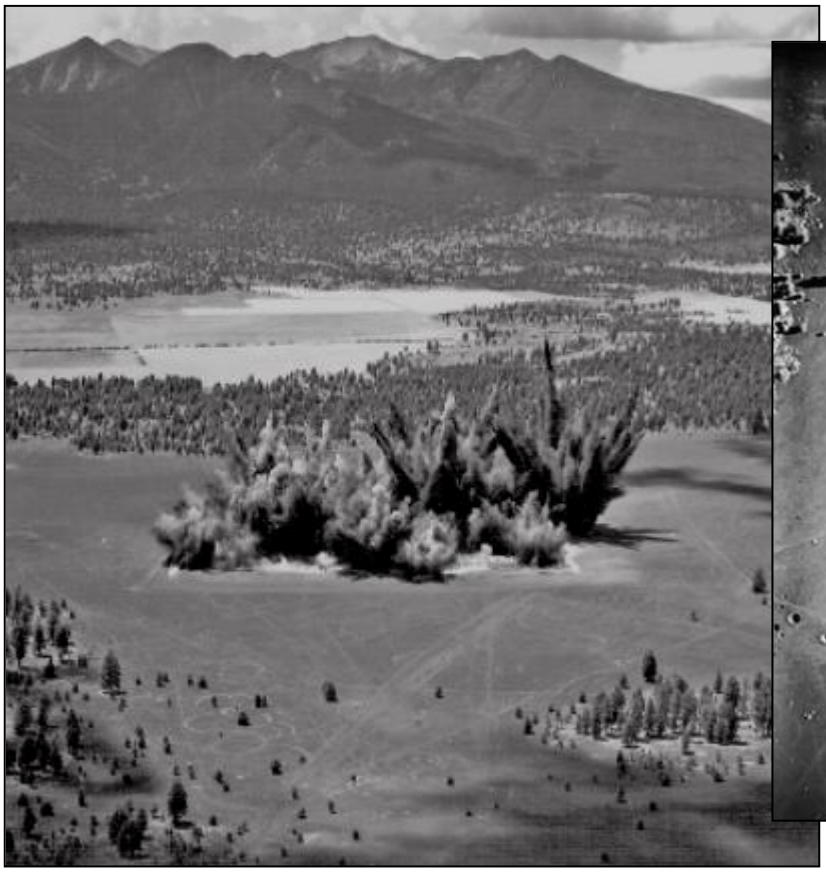
Astronautas en la selva panameña

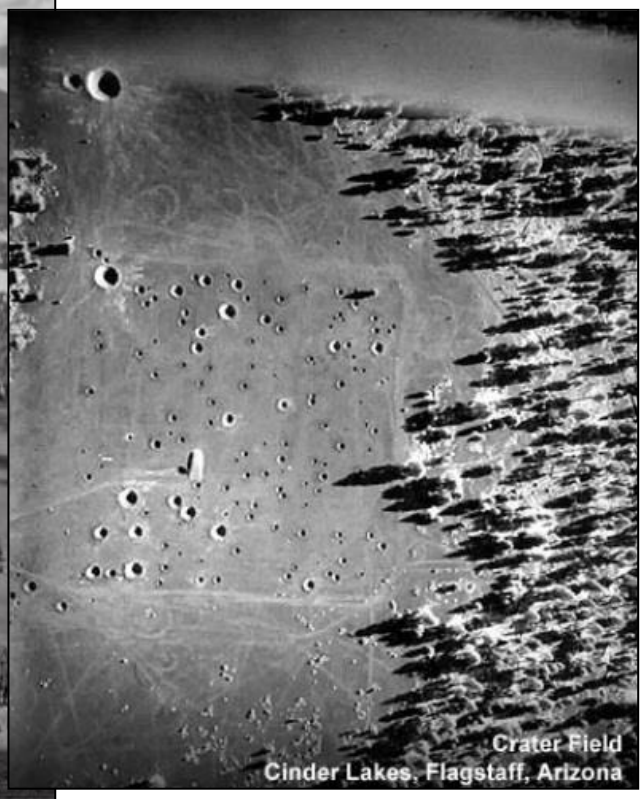






Aparte de los simuladores LOLA y los dispuestos en naves idénticas en el centro espacial, la NASA también preparó a los astronautas del proyecto Apollo en las afueras de Flagstaff, Arizona, transformando los campos de ceniza negra de un volcán extinto en una zona de superficie lunar, el Servicio Geológico de Estados Unidos y la NASA realizaron cientos de cráteres para copiar milímetro a milímetro el Mar de la Tranquilidad (lugar en el que alunizaría el Apollo-11).





Tripulación de la misión

Neil Alden Armstrong: Nació en Wapakoneta, Ohio el 5-08-1930, se graduó en ingeniería aeronáutica en la Universidad Purdue, donde estudió con una beca del Plan Holloway de la Armada de los Estados Unidos, en 1949 ingresó en la marina y al año siguiente se convirtió en aviador naval, entró en combate en la Guerra de Corea como piloto de cazas a reacción y en septiembre de 1951 su avión resultó dañado por fuego antiaéreo durante un bombardeo a baja altitud, por lo que tuvo que eyectarse del aparato.

Después de la guerra, completó sus estudios en Purdue y comenzó a trabajar como piloto de pruebas en el Centro de Vuelo de Alta Velocidad del Comité Asesor Nacional para la Aeronáutica (NACA) en la Base de la Fuerza Aérea Edwards, California, voló en siete ocasiones en el avión North American X-15, también participó en los programas "Man in Space Soonest" y en el proyecto Boeing X-20 Dyna-Soar, ambos enfocados a llevar un ser humano al espacio. Se unió al cuerpo de astronautas de la NASA en el segundo grupo, que fue seleccionado en 1962.

Realizó su primer vuelo espacial como comandante de la nave Gémini-8 en marzo de 1966, con lo cual se convirtió en el primer astronauta civil en volar al espacio, durante esta misión, junto al astronauta David Scott realizó el primer acoplamiento de dos naves espaciales, pero esta tuvo que abortarse porque Armstrong usó parte del combustible de la reentrada para prevenir un peligroso giro causado por un propulsor bloqueado.

Durante los entrenamientos para la misión Apollo-11, se vio obligado a eyectarse de un vehículo de investigación de alunizajes, segundos antes de estrellarse, en 1978 el presidente Jimmy Carter le concedió la Medalla de Honor Espacial del Congreso y en 2009 le entregaron la Medalla de Oro del Congreso de los Estados Unidos.

La misión del Apollo-11 fue su segundo y último vuelo al espacio, siendo su comandante y primer hombre en bajar del LEM, luego de abandonar la NASA en 1971, Armstrong aceptó un puesto de profesor en el Departamento de Ingeniería Aeroespacial de la Universidad de Cincinnati, donde impartió clases hasta 1979, también colaboró en la investigación del accidente del Apollo-13 y formó parte de la Comisión Rogers que investigó el accidente del STS Challenger en 1986, falleció el 25-08-2012 en Cincinnati, a los 82 años de edad

En su honor, el Centro de Vuelos Dryden de la NASA, ubicado dentro del predio de la Base Edwards en California, paso a denominarse Armstrong Flight Research Center.

Edwin Eugene (Buzz) Aldrin Jr.: Nació en Glen Ridge, New Jersey el 20-01-1930, su nombre "Buzz" se originó en su niñez, su hermana pequeña pronunciaba mal "brother" (hermano) como "buzzer", y luego se acortó a Buzz, Aldrin cambió legalmente su nombre Edwin Eugene a Buzz en 1988, también ha recibió el apodo de "Doctor Rendezvous" por otros astronautas, debido a que su tesis doctoral versaba sobre encuentros orbitales.

Asistió a la Academia Militar de West Point, y entró a la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, donde recibió entrenamiento como piloto en 1951, voló en 66 misiones de combate durante la Guerra de Corea.

Se convirtió en astronauta durante la selección del tercer grupo de 14 astronautas de la NASA en octubre de 1963. El 11 de noviembre de 1966 voló al espacio a bordo de la Gémini-12, un vuelo de cuatro días de duración en el cual orbitó 59 veces alrededor de la Tierra.

La selección de astronautas resultó ser la adecuada, ya que fue una de las figuras más importantes, trabajando durante el Proyecto Gemini para el problema del acoplamiento de naves en órbita terrestre o lunar, sin estos entrenamientos, las misiones Apollo nunca podrían haberse concretado. Aldrin, que tenía un doctorado en astronáutica del Instituto de Tecnología de Massachusetts, estaba perfectamente calificado para este trabajo, y sus inclinaciones intelectuales le aseguraron llevar a cabo sus tareas con gran entusiasmo.

También fue una figura central para establecer los métodos necesarios para llevar a cabo las actividades extra vehiculares (EVA) que los astronautas realizaban fuera de sus naves, este fue otro de los avances críticos para el éxito de Apolo.

Pese al éxito obtenido con la llegada a la Luna, lamentablemente entró en una profunda depresión poco tiempo después de su regreso y al cabo de unos meses empezó a tener problemas con el alcohol durante 1970.

En 1971, una vez recuperado, regresó a la USAF para retirarse un año más tarde; continúo dando conferencias sobre su experiencia lunar y, a diferencia de sus compañeros, siempre ha sido el más expuesto a los medios ya sea en entrevistas e incluso conferencias sobre futuros viajes a Marte, también escribió libros sobre sus actividades en el programa espacial "Return to Earth" (1970), rememorando el vuelo del Apollo-11, "Men from Earth" (1989), hablando acerca de la carrera espacial entre los Estados Unidos y la Unión Soviética y junto a Leonard David "Mission to Mars" del que trata sobre posibles viajes a Marte.

Tras este histórico viaje, fue agasajado junto a sus compañeros por diversos países, recibiendo numerosas condecoraciones, entre ellas la Medal for Freedom del presidente de los Estados Unidos, la Distinguised Service Medal de la NASA, o la Air Medal, entre otras.

Es miembro honorario del American Institute of Aeronautics and Astronautics y ha trabajado en las especificaciones para el diseño del proyecto del STS, en 1970 se decidió en su honor rebautizar como Aldrin a un cráter lunar que se localizado en la zona S del Mare Tranquillitatis, este cráter previamente era conocido como Sabine B, fué el segundo hombre en pisar suelo selenita y esta plasmado en todas las fotografías que existen de un astronauta en la superficie lunar (excepto imágenes tomadas desde el LEM) en la misión Apollo-11, esto se debe a que Neil Armstrong llevaba una única cámara adosada a su traje espacial.

Michael Collins: Nació en Roma, Italia, el 31-10-1930, país en el que estaba destinado su padre como agregado militar de la embajada de Estados Unidos.

En 1952 se graduó de la escuela Saint Albans y obtuvo el bachillerato de ciencias en la Academia Militar de West Point, Nueva York, sirvió como piloto de pruebas y combate en la Base de la Fuerza Aérea Edwards, California

En octubre de 1963, Collins se convirtió en uno de los astronautas del tercer grupo seleccionado por la NASA, realizó su primer vuelo espacial el 18-07-1966, como miembro de la misión Gémini-10, durante la cual estableció un nuevo récord de altitud y se convirtió en el tercer astronauta estadounidense en salir de su nave completando dos caminatas espaciales.

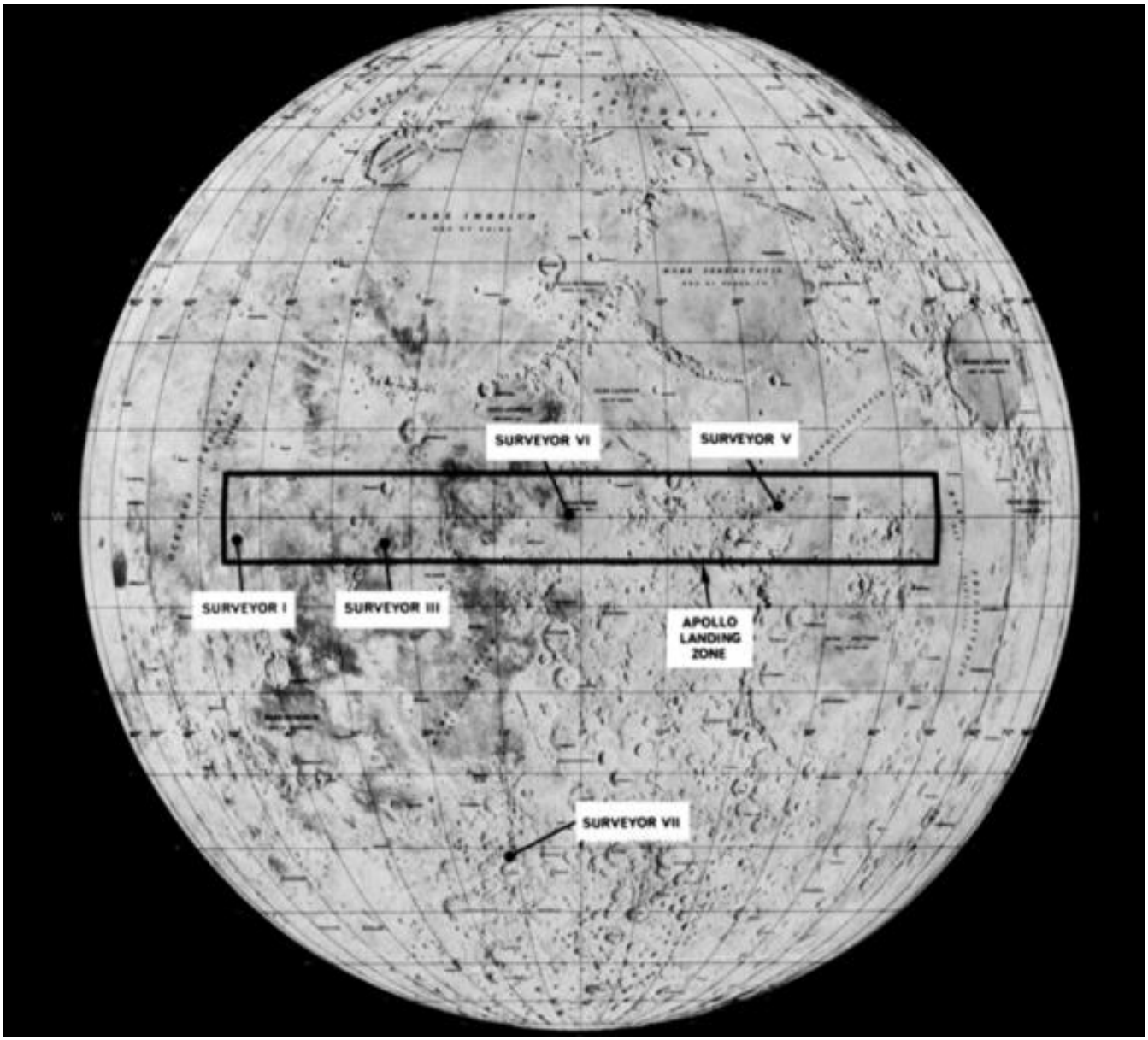
Fue miembro de la misión Apollo-11, pilotando el módulo de mando Columbia, su importante papel en la misión Apollo le valió el logro de varios premios y reconocimientos, como la Medalla Presidencial de la Libertad en 1969.

Se retiró de la NASA en enero de 1970 y fue nombrado secretario de Estado adjunto para asuntos públicos, en 1971 fue director del Museo Nacional del Aire y el Espacio de Estados Unidos, que forma parte de la Institución Smithsoniana de Washington, DC, donde fue responsable de la construcción del nuevo edificio del museo que abrió al público en 1976.

En 1980, fue nombrado vicepresidente de la compañía aeroespacial LTV renunciando en 1985 para comenzar su propio emprendimiento, escribió acerca de sus experiencias en el programa espacial en varios libros, incluyendo “Carrying the Fire y Flying to the Moon and Other Strange Places” y “Liftoff: the Story of America's Adventure in Space”, recibió numerosas condecoraciones de varios países, entre ellas la Exceptional Service Medal y la Distinguished Servicie Medal de la NASA.

Elección del lugar de alunizaje

La misión Apollo-11 había sido clasificada como una misión de Tipo G según la NASA, esto es, su objetivo principal era probar que un módulo lunar fuese capaz de alunizar sin problemas y devolver a sus dos ocupantes a la órbita lunar, la ciencia no era un objetivo prioritario, por lo que se esperaba mandar el grueso de experimentos científicos en las siguientes misiones, se decidió que el lugar del primer alunizaje debía estar comprendido en un rectángulo situado en el centro del disco de la cara visible, entre los 5º de latitud N y S sur y 45º E y O (gráfico).

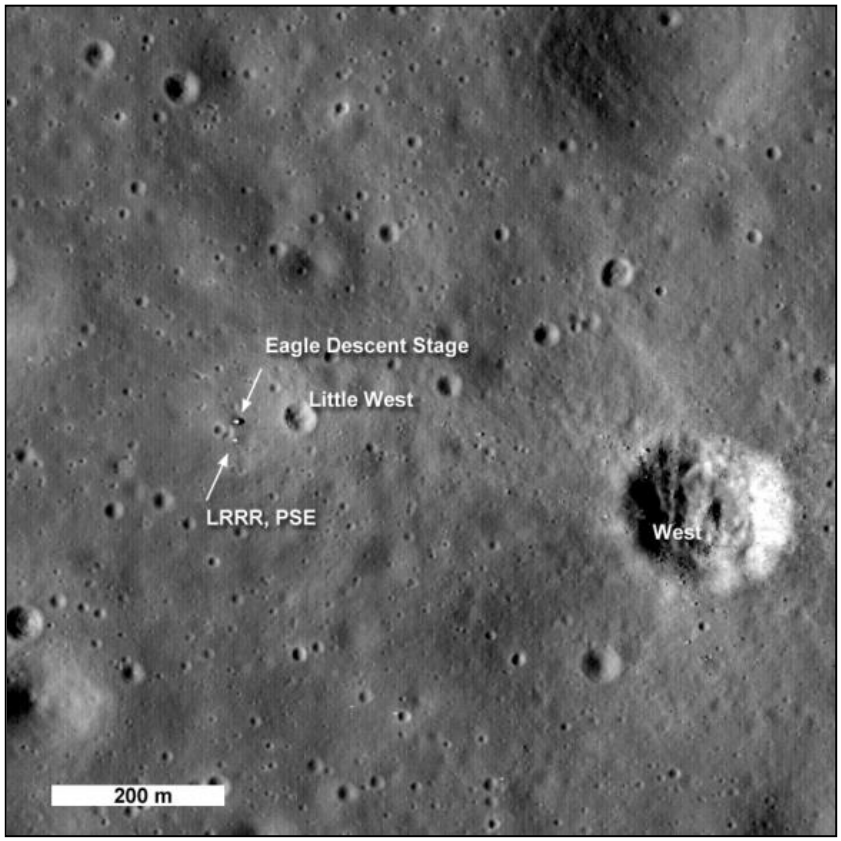


Los 5º de latitud tenían que ver con las limitaciones del lanzador y de la cantidad de combustible disponible por parte del LEM y el Módulo de Mando (CSM), aunque en teoría era posible alcanzar la mayor parte de la superficie de la Luna con un cohete Saturno-V, la geometría de las misiones lunares lanzadas desde Cabo Kennedy favorecían una órbita lo más cercana posible al ecuador lunar, cuanto más alejada del ecuador estuviese la órbita de la nave, menos carga útil debería llevar el cohete, además, esta era la zona de la superficie que podía cubrir una nave Apollo que siguiese una trayectoria de retorno libre, un tipo de trayectoria que permitiría usar la gravedad de la Luna para volver a la Tierra en caso de problemas sin gastar combustible.

En cuanto a la limitación en longitud, estaba relacionada con las restricciones de las comunicaciones (la Tierra debía estar alta en el cielo para garantizar que la señal no se interrumpiese con ningún obstáculo). Por otro lado, y en el caso de los sitios situados más al E, la NASA quería que el módulo lunar no saliese de la cara oculta (que se hallaba fuera de las comunicaciones) para aterrizar pocos minutos después, así que el lugar del alunizaje debía garantizar además un intervalo de tiempo apropiado antes de que se iniciase la fase de descenso propulsado.

El terreno debía ser excepcionalmente plano, con pendientes inferiores a 2º y la zona al E del lugar del aterrizaje también tenía que ser plana para evitar confundir al radar de aterrizaje del LEM.

Luego estaba el tamaño de la zona a considerar, los errores de navegación de la tecnología de la época podían hacer que una nave se desviase hasta 2,4 Km en dirección N o S y hasta 4 Km en el eje E - O, (denominada elipse de aterrizaje), para cada zona candidata se dibujaban tres elipses con una probabilidad del 50, el 90 y el 100% de que el LEM alunizara dentro de ella. Evidentemente, el interior de las tres elipses debía cumplir con todos los requisitos antes señalados, la elipse de aterrizaje primaria se ampliaría en septiembre de 1968 a 5 x 15 Km para tener en cuenta las perturbaciones del campo gravitatorio lunar. (NASA-LRO)



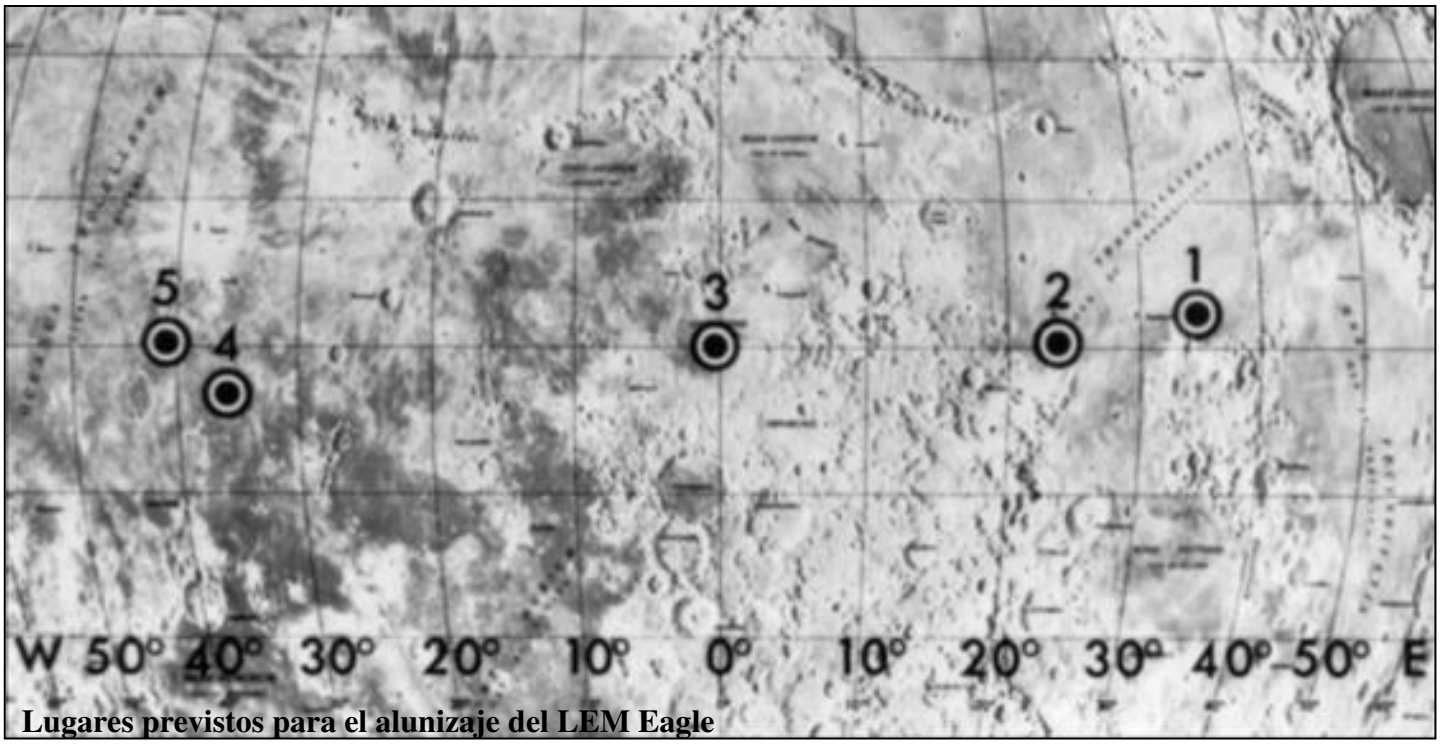
Con todos estos requisitos, la NASA comenzó un proceso de selección de lugares para las primeras misiones Apollo a mediados de los años 60, pero los mapas creados a partir de los telescopios terrestres no tenían suficiente resolución, para solucionar este problema, se lanzaron cinco sondas Lunar Orbiter con el objetivo de cartografiar lugares de aterrizaje, el resultado fue que los Lunar Orbiter no podían cartografiar toda la superficie lunar porque simplemente no tenían película suficiente para hacerlo, así que se concentraron en las zonas más prometedoras usando las imágenes de los Lunar Orbiter, en diciembre de 1967 el comité para la selección de zonas de aterrizajes de los Apollo eligió cinco lugares llamados ALS (Apollo Landing Sites).

Los cinco lugares debían estar separados en longitud por múltiplos enteros de 12º (ese es el ángulo que se desplaza el Sol en el cielo lunar durante un día) el momento del alunizaje debía ser tal que el ángulo entre el Sol y el horizonte fuese lo suficientemente bajo (entre 5º y 14º) como para que los cráteres y otras características del terreno proyectasen sombras claras, la NASA eligió lugares de alunizaje alternativos para cada misión con el objetivo de no tener que esperar un mes si la misión debía retrasarse unos días.

Por esta razón, los lugares situados hacia el E eran los prioritarios, ya que si la misión no podía lanzarse en la fecha prevista, el resto de sitios tendrían la iluminación adecuada al cabo de unos días, la distribución geográfica de los mares lunares implicaba que los lugares primarios para el Apollo-11 solo podían estar en el Mar de la Tranquilidad o el Mar de la Fertilidad, pero, los lugares situados demasiado al E no tendrían mucho tiempo entre la salida de la cara oculta y el comienzo del descenso propulsado.

El Mar de la Tranquilidad era el mejor situado, lo que explica que dos de los cinco lugares ALS estuviesen en esta zona, los llamados ALS-1 y ALS-2. El lugar alternativo principal sería el ALS-3, situado en Sinus Medii, casi en el centro de la cara visible del disco lunar.

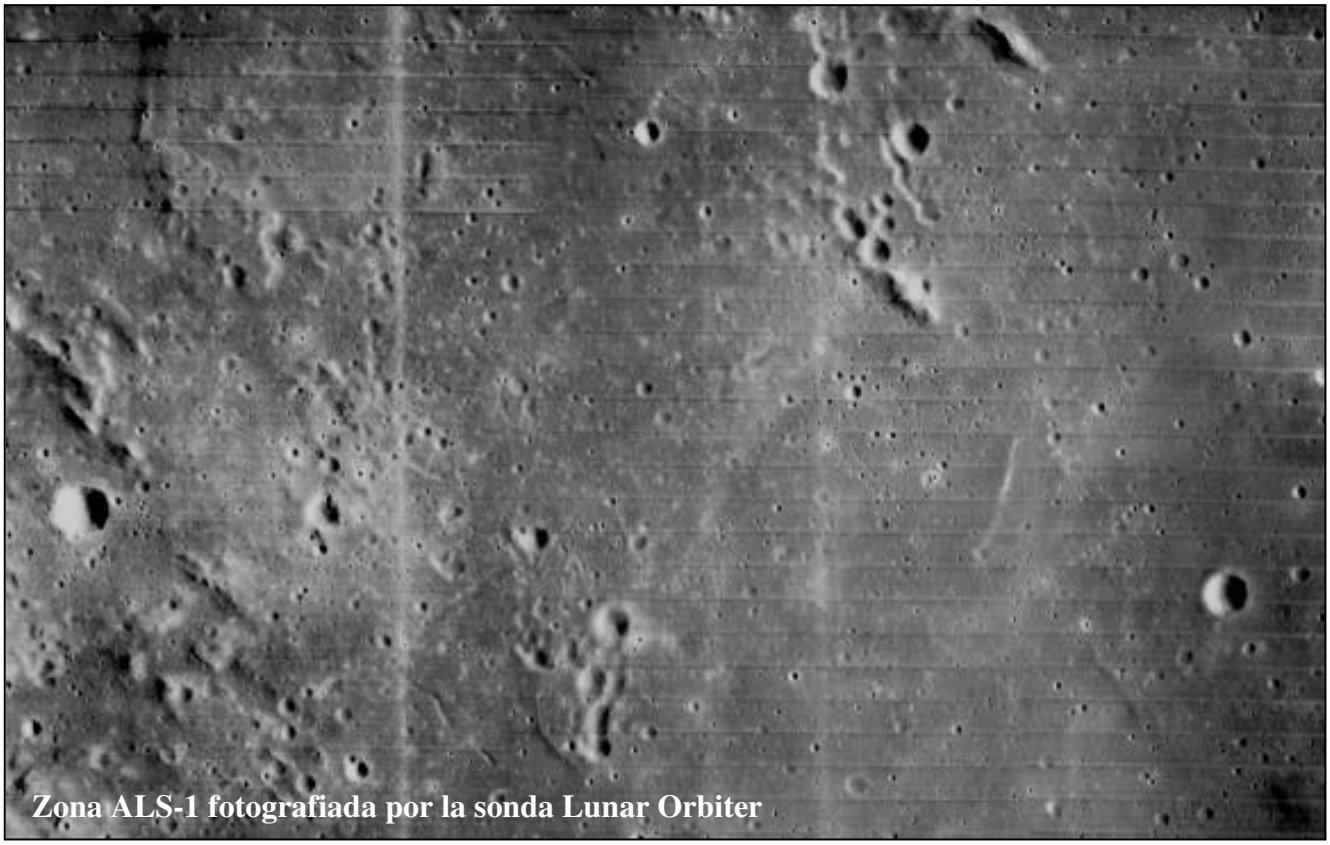
Los ALS-4 y ALS-5 estarían localizados en el Océano de las Tormentas. La NASA daba por sentado que si el primer intento de alunizaje era un éxito -nada seguro por aquel entonces-, la segunda misión se dirigiría a alguno de los ALS situados más al O, los ALS serían confirmados el 3-06-1969.



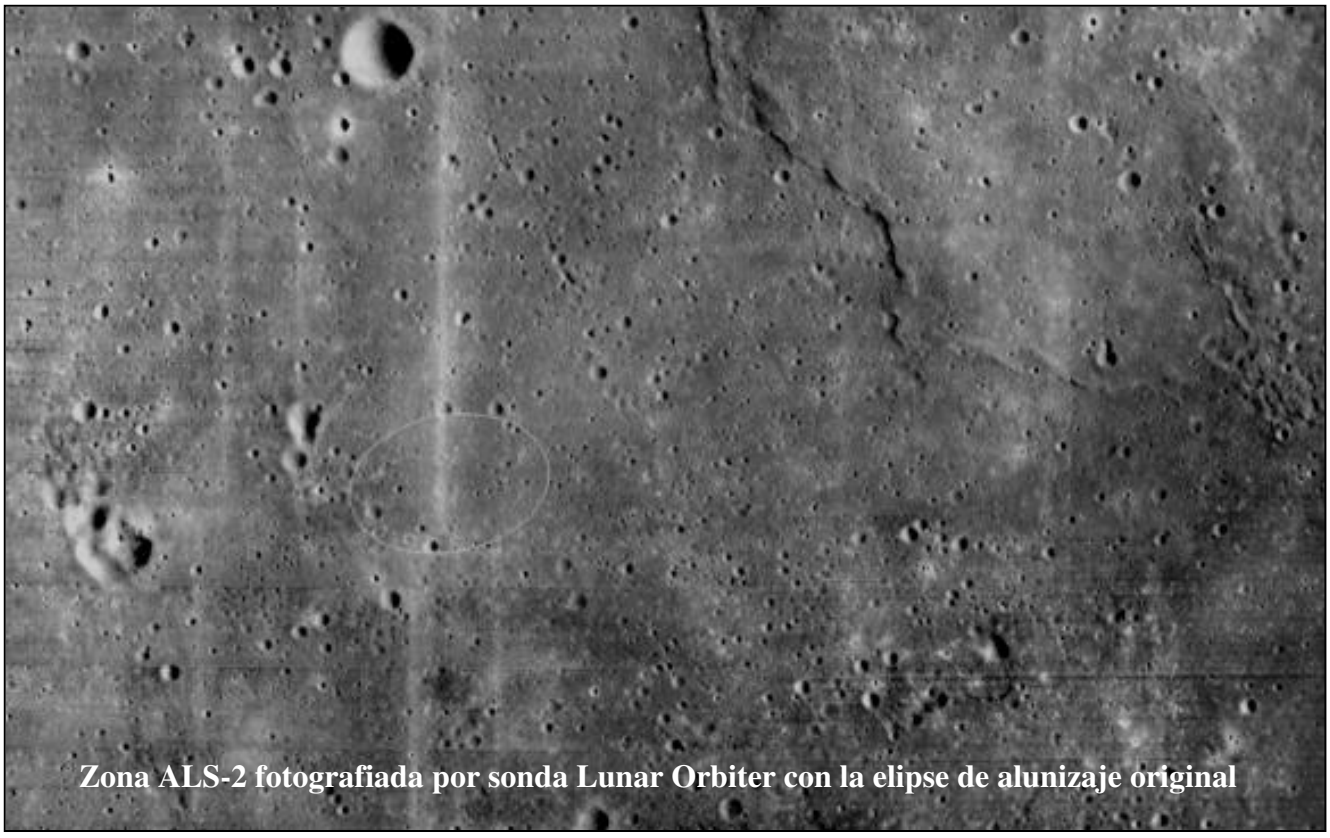
Lugares previstos para el alunizaje del LEM Eagle

El ALS-1 estaba situado al E del cráter Maskelyne y había sido fotografiado en detalle por la tripulación del Apollo-8 en diciembre de 1968, en principio parecía el más adecuado al estar situado un poco más al E, pero su color era ligeramente más claro de lo normal para un mar lunar y muchos geólogos temían que pudiera estar cubierto por rocas (invisibles para las imágenes de los Lunar Orbiter o el Apollo-8), por este motivo, el ALS-1 no fue elegido y el ALS-2 se convirtió en un sitio de probable alunizaje

Este lugar contaba con la ventaja de que la sonda Surveyor-V había aterrizado a 25 Km de distancia unos años antes, por lo que se conocía con bastante exactitud su composición y características. Además, la sonda Ranger-VIII también había enviado más de siete mil imágenes de la zona en 1965.

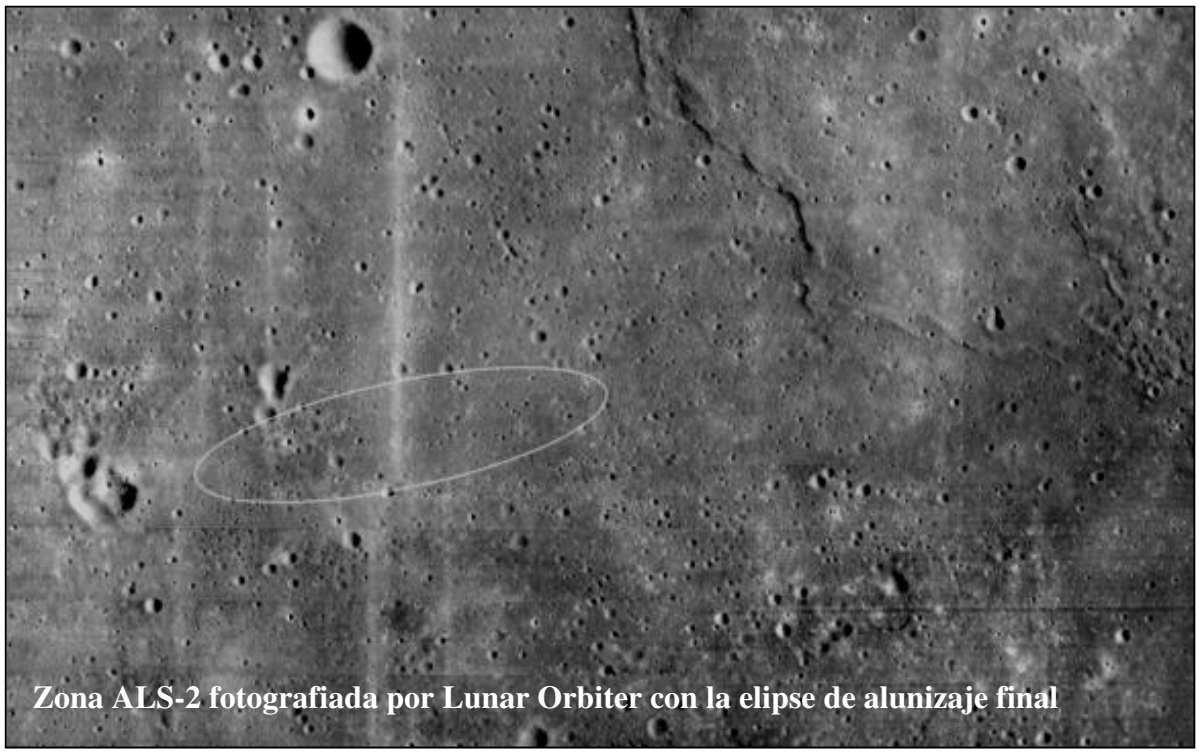


Zona ALS-1 fotografiada por la sonda Lunar Orbiter



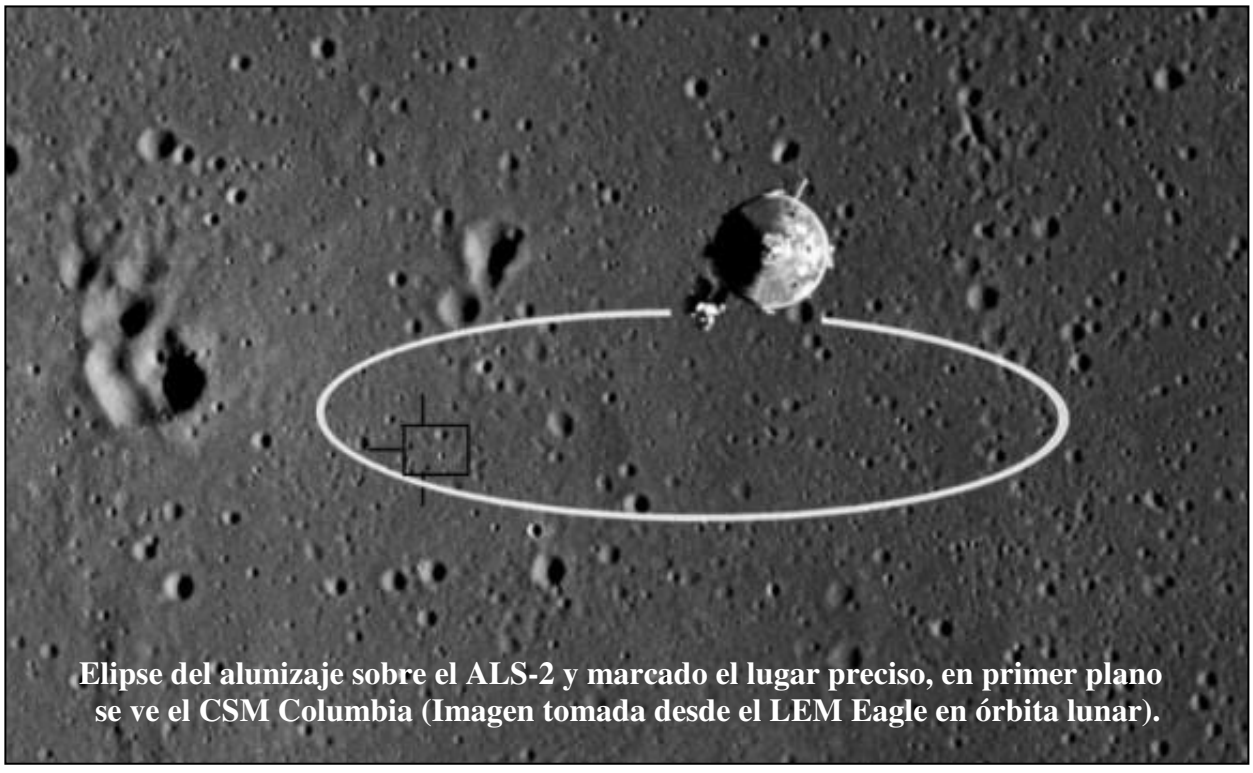
Zona ALS-2 fotografiada por sonda Lunar Orbiter con la elipse de alunizaje original

El ALS-2 pasó a ser el lugar primario para el alunizaje, pero en mayo de 1969, cuando quedaban apenas dos meses para el lanzamiento, el módulo lunar del Apolo-10 sobrevoló el ALS-2 durante un ensayo general del alunizaje, los astronautas declararían que el ALS-2 parecía más suave que el ALS-1, pero que el extremo O de la elipse de aterrizaje era muy abrupto, por lo que recomendó a Armstrong que abortara la misión si se internaba en esta zona con poco combustible.



Zona ALS-2 fotografiada por Lunar Orbiter con la elipse de alunizaje final

La misión Apollo-11 no tenía muchas alternativas para buscar un lugar de alunizaje que fuese lo más seguro posible y finalmente fue elegido el sitio ALS-2, demostrando, finalmente que era posible hacerlo con éxito.

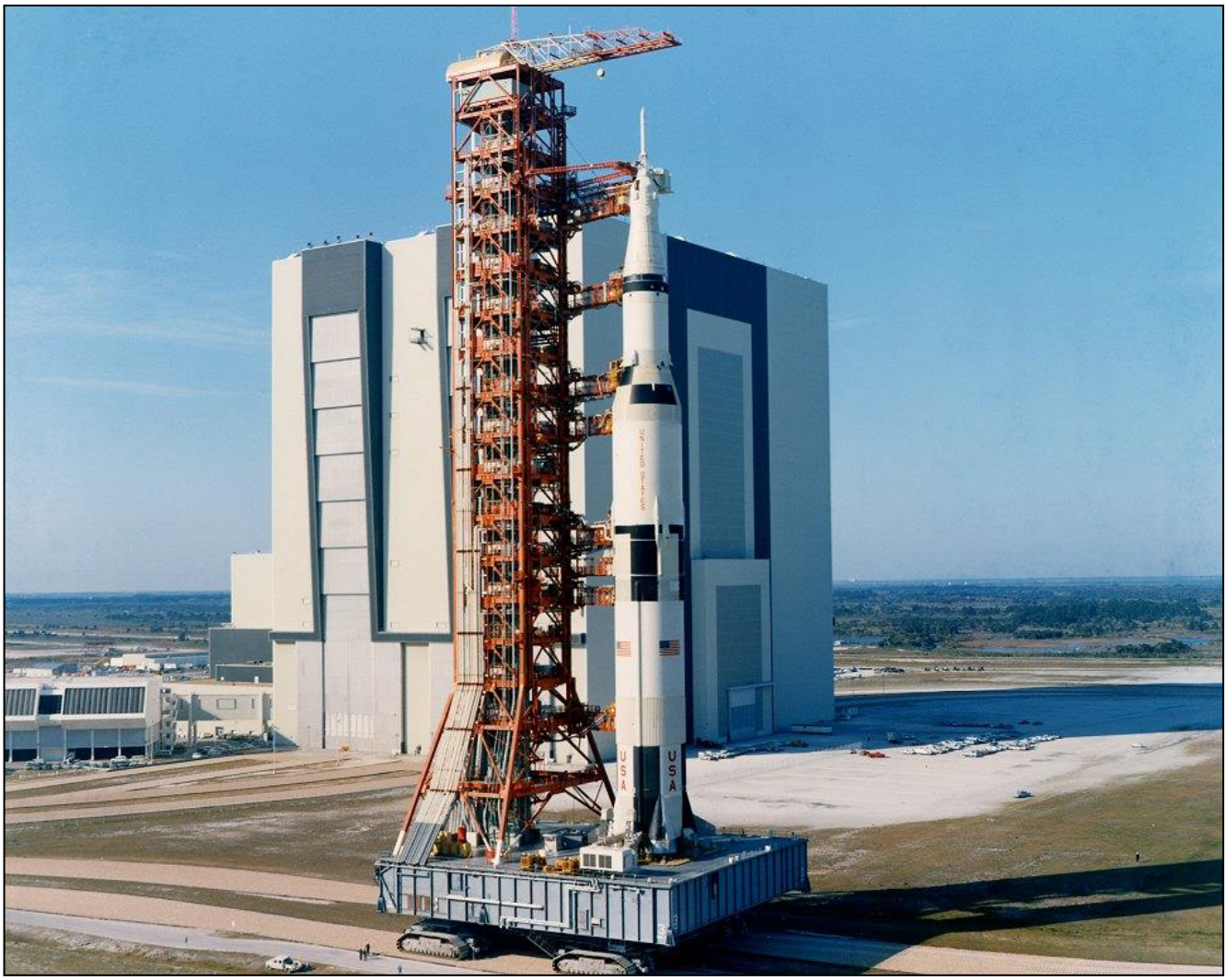


Elipse del alunizaje sobre el ALS-2 y marcado el lugar preciso, en primer plano se ve el CSM Columbia (Imagen tomada desde el LEM Eagle en órbita lunar).

Cohete Saturn-V

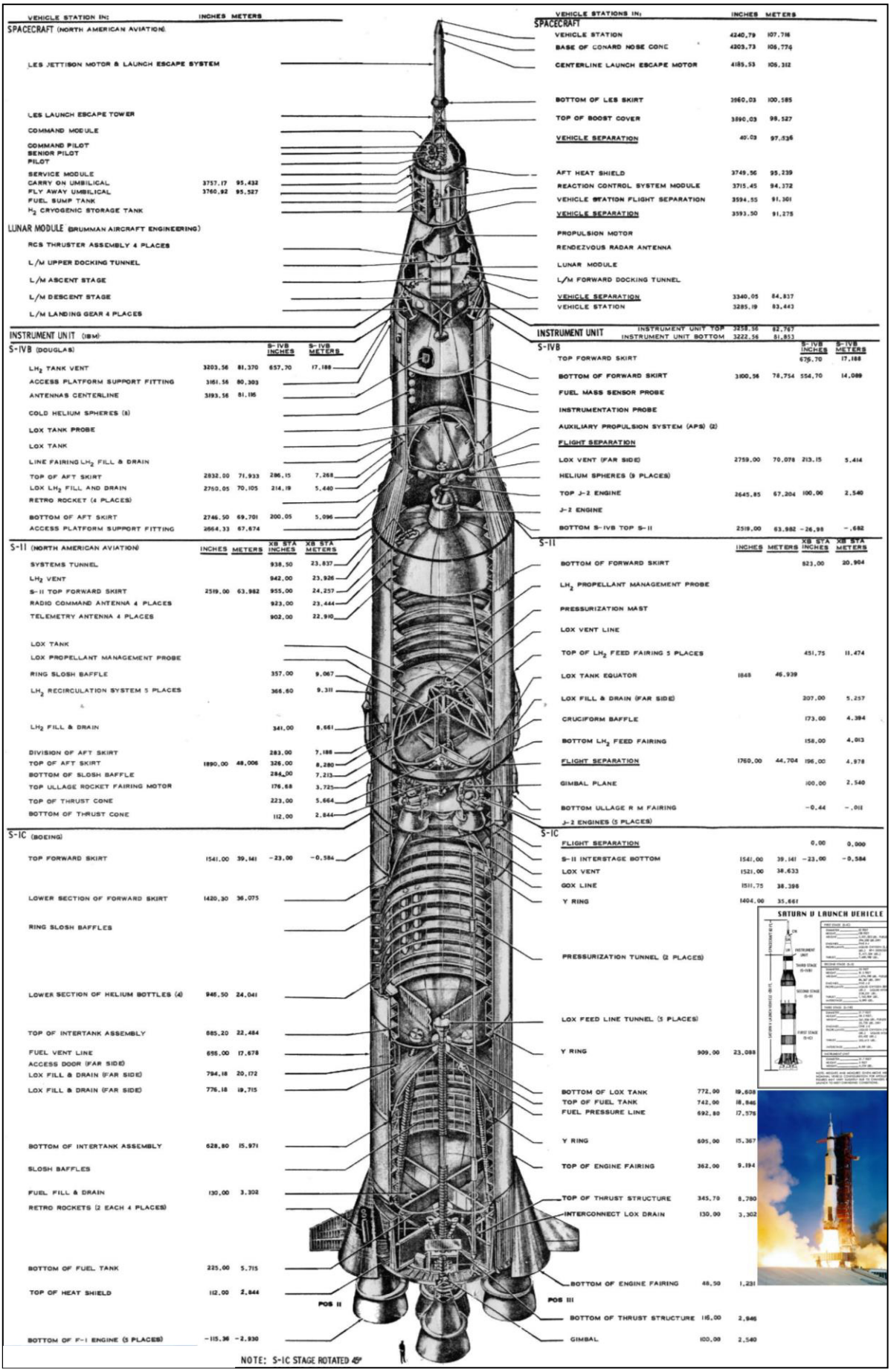
El equipo encargado del diseño y puesta a punto de un artefacto que reuniera las condiciones requeridas y que se había puesto a trabajar en el proyecto bajo la dirección de Werner Von Braun, era el Marshall Spaceflight Center, de Huntsville, Alabama, buscando un tipo de cohete destinado a usos civiles exclusivamente, sus primeros resultados, en 1962 se enfocarían en el que sería el máximo exponente en los grandes cohetes, el Saturn-V.

Luego de diversas versiones preliminares que fueron modificándose sucesivamente, se llegaría al modelo definitivo: un gigantesco vehículo de tres etapas, de 111 m de largo y 3870 tn de peso, cuya complejidad de fabricación fue tal, que estaba constituido por cinco millones de piezas, era capaz de colocar en órbita terrestre 130 tn y enviar a la Luna una nave de 45 tn.



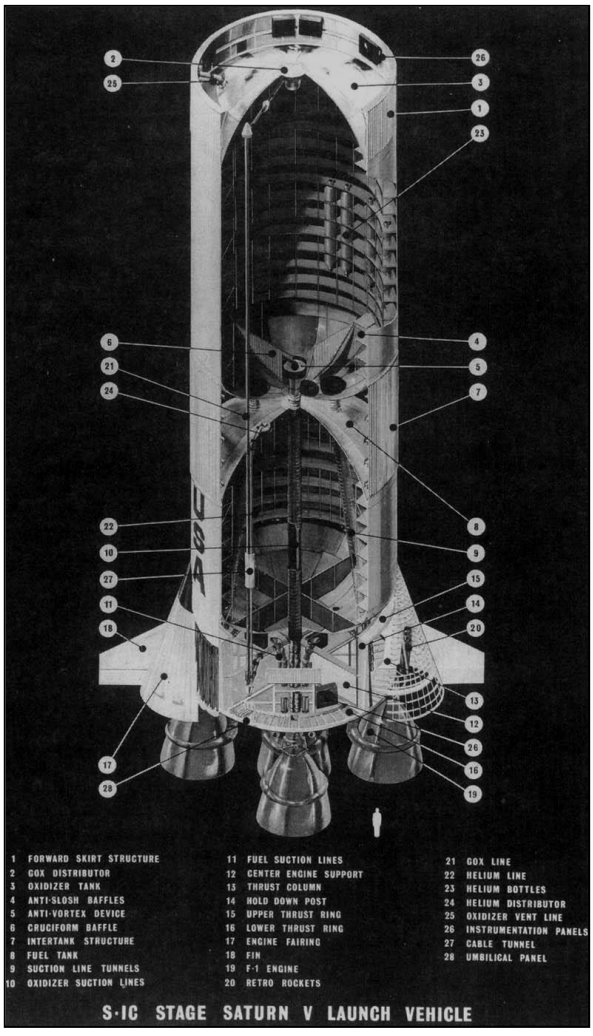
Estaba compuesto por tres etapas que debían proporcionar la velocidad de liberación de todo el Complejo Apollo que totalizaba unas 45 tn, a las que previamente se colocaba en órbita terrestre, hasta que la 3° etapa enviaba a la nave espacial a órbita lunar.

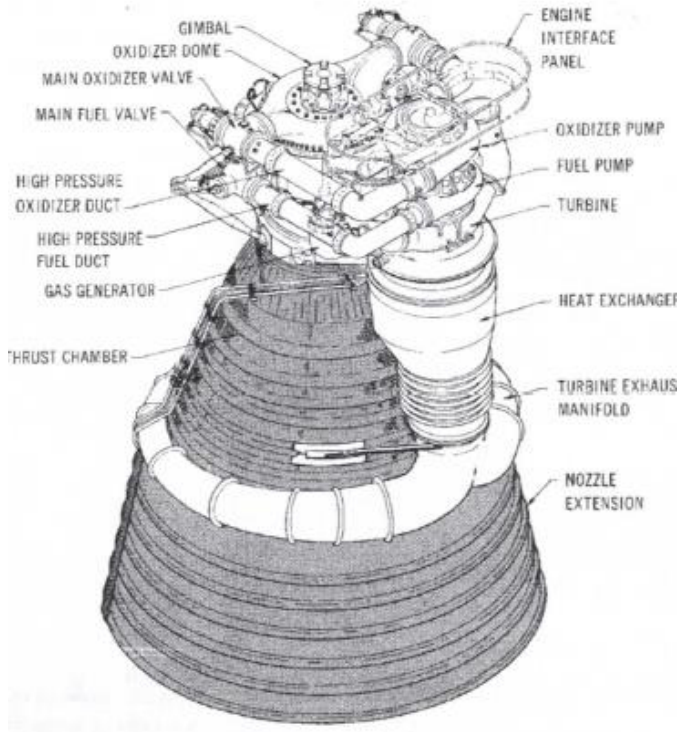
A la altura de 65 Km se desprendía la 1° etapa (S-IC) a una velocidad de 9800 Km/h, a los 9 min.18 seg. del lanzamiento, a 180 Km de altura, se desprendía la 2° etapa (S-II) a una velocidad de 23000 Km/h, finalmente entraba en órbita a una velocidad de 28000 Km/h a los 9 min.20 seg. a 190 Km de altura.


VEHICLE STATION IN: INCHES METERS
SPACECRAFT (NORTH AMERICAN AVIATION)
LES JETTISON MOTOR & LAUNCH ESCAPE SYSTEM
LES LAUNCH ESCAPE TOWER
COMMAND MODULE
COMMAND PILOT
SENIOR PILOT
PILOT
SERVICE MODULE
CARRY ON UMBILICAL 3757.17 95.432
FLY AWAY UMBILICAL 3760.92 95.527
FUEL SUMP TANK
H2 CRYOGENIC STORAGE TANK
LUNAR MODULE (GRUMMAN AIRCRAFT ENGINEERING)
RCS THRUSTER ASSEMBLY 4 PLACES
L/M UPPER DOCKING TUNNEL
L/M ASCENT STAGE
L/M DESCENT STAGE
L/M LANDING GEAR 4 PLACES
INSTRUMENT UNIT (IBM)
S-IVB (DOUGLAS) S-IVB INCHES S-IVB METERS
LH2 TANK VENT 3203.56 81.370 657.70 17.188
ACCESS PLATFORM SUPPORT FITTING 3161.56 80.303
ANTENNAS CENTERLINE 3193.56 81.116
COLD HELIUM SPHERES (8)
LOX TANK PROBE
LOX TANK
LINE FAIRING LH2 FILL & DRAIN
TOP OF AFT SKIRT 2832.00 71.933 286.15 7.268
LOX LH2 FILL AND DRAIN 2750.05 70.105 214.19 5.440
RETRO ROCKET (4 PLACES)
BOTTOM OF AFT SKIRT 2746.50 69.701 200.05 5.096
ACCESS PLATFORM SUPPORT FITTING 2664.33 67.674
S-II (NORTH AMERICAN AVIATION) INCHES METERS XB STA INCHES XB STA METERS
SYSTEMS TUNNEL 938.50 23.837
LH2 VENT 942.00 23.926
S-II TOP FORWARD SKIRT 2519.00 63.982 955.00 24.257
RADIO COMMAND ANTENNA 4 PLACES 923.00 23.444
TELEMETRY ANTENNA 4 PLACES 902.00 22.910
LOX TANK
LOX PROPELLANT MANAGEMENT PROBE
RING SLOSH BAFFLE 357.00 9.067
LH2 RECIRCULATION SYSTEM 5 PLACES 366.60 9.311
LH2 FILL & DRAIN 341.00 8.661
DIVISION OF AFT SKIRT 283.00 7.188
TOP OF AFT SKIRT 1890.00 48.006 326.00 8.280
BOTTOM OF SLOSH BAFFLE 284.00 7.213
TOP ULLAGE ROCKET FAIRING MOTOR 176.68 3.725
TOP OF THRUST CONE 223.00 5.664
BOTTOM OF THRUST CONE 112.00 2.844
S-IC (BOEING)
TOP FORWARD SKIRT 1541.00 39.141 -23.00 -0.584
LOWER SECTION OF FORWARD SKIRT 1420.30 36.075
RING SLOSH BAFFLES
LOWER SECTION OF HELIUM BOTTLES (4) 945.50 24.041
TOP OF INTERTANK ASSEMBLY 885.20 22.484
FUEL VENT LINE 695.00 17.678
ACCESS DOOR (FAR SIDE)
LOX FILL & DRAIN (FAR SIDE) 794.18 20.172
LOX FILL & DRAIN (FAR SIDE) 776.18 19.715
BOTTOM OF INTERTANK ASSEMBLY 628.80 15.971
SLOSH BAFFLES
FUEL FILL & DRAIN 130.00 3.302
RETRO ROCKETS (2 EACH 4 PLACES)
BOTTOM OF FUEL TANK 225.00 5.715
TOP OF HEAT SHIELD 112.00 2.844
BOTTOM OF F-1 ENGINE (5 PLACES) -115.36 -2.930
POS II
NOTE: S-IC STAGE ROTATED 45°
VEHICLE STATIONS IN: INCHES METERS
SPACECRAFT
VEHICLE STATION 4240.79 107.718
BASE OF CONARD NOSE CONE 4203.73 106.774
CENTERLINE LAUNCH ESCAPE MOTOR 4185.53 106.312
BOTTOM OF LES SKIRT 3960.03 100.585
TOP OF BOOST COVER 3890.03 98.527
VEHICLE SEPARATION 40.03 97.536
AFT HEAT SHIELD 3749.56 95.239
REACTION CONTROL SYSTEM MODULE 3715.45 94.372
VEHICLE STATION FLIGHT SEPARATION 3594.55 91.301
VEHICLE SEPARATION 3593.50 91.275
PROPULSION MOTOR
RENDEZVOUS RADAR ANTENNA
LUNAR MODULE
L/M FORWARD DOCKING TUNNEL
VEHICLE SEPARATION 3340.05 84.837
VEHICLE STATION 3285.19 83.443
INSTRUMENT UNIT
INSTRUMENT UNIT TOP 3258.56 82.767
INSTRUMENT UNIT BOTTOM 3222.56 81.853
S-IVB S-IVB INCHES S-IVB METERS
TOP FORWARD SKIRT 675.70 17.168
BOTTOM OF FORWARD SKIRT 3100.56 78.754 554.70 14.089
FUEL MASS SENSOR PROBE
INSTRUMENTATION PROBE
AUXILIARY PROPULSION SYSTEM (APS) (2)
FLIGHT SEPARATION
LOX VENT (FAR SIDE) 2759.00 70.078 213.15 5.414
HELIUM SPHERES (9 PLACES)
TOP J-2 ENGINE 2645.85 67.204 100.00 2.540
J-2 ENGINE
BOTTOM S-IVB TOP S-II 2519.00 63.982 -26.98 -.682
S-II INCHES METERS XB STA INCHES XB STA METERS
BOTTOM OF FORWARD SKIRT 823.00 20.904
LH2 PROPELLANT MANAGEMENT PROBE
PRESSURIZATION MAST
LOX VENT LINE
TOP OF LH2 FEED FAIRING 5 PLACES 451.75 11.474
LOX TANK EQUATOR 1848 46.939
LOX FILL & DRAIN (FAR SIDE) 207.00 5.257
CRUCIFORM BAFFLE 173.00 4.394
BOTTOM LH2 FEED FAIRING 158.00 4.013
FLIGHT SEPARATION 1760.00 44.704 196.00 4.978
GIMBAL PLANE 100.00 2.540
BOTTOM ULLAGE R M FAIRING -0.44 -.011
J-2 ENGINES (5 PLACES)
S-IC
FLIGHT SEPARATION 0.00 0.000
S-II INTERSTAGE BOTTOM 1541.00 39.141 -23.00 -0.584
LOX VENT 1521.00 38.633
GOX LINE 1511.75 38.398
Y RING 1404.00 35.661
PRESSURIZATION TUNNEL (2 PLACES)
LOX FEED LINE TUNNEL (3 PLACES)
Y RING 909.00 23.089
BOTTOM OF LOX TANK 772.00 19.608
TOP OF FUEL TANK 742.00 18.846
FUEL PRESSURE LINE 692.80 17.589
Y RING 605.00 15.367
TOP OF ENGINE FAIRING 362.00 9.194
TOP OF THRUST STRUCTURE 345.70 8.780
INTERCONNECT LOX DRAIN 130.00 3.302
BOTTOM OF ENGINE FAIRING 48.50 1.231
POS III
BOTTOM OF THRUST STRUCTURE 116.00 2.946
GIMBAL 100.00 2.540
SATURN V LAUNCH VEHICLE

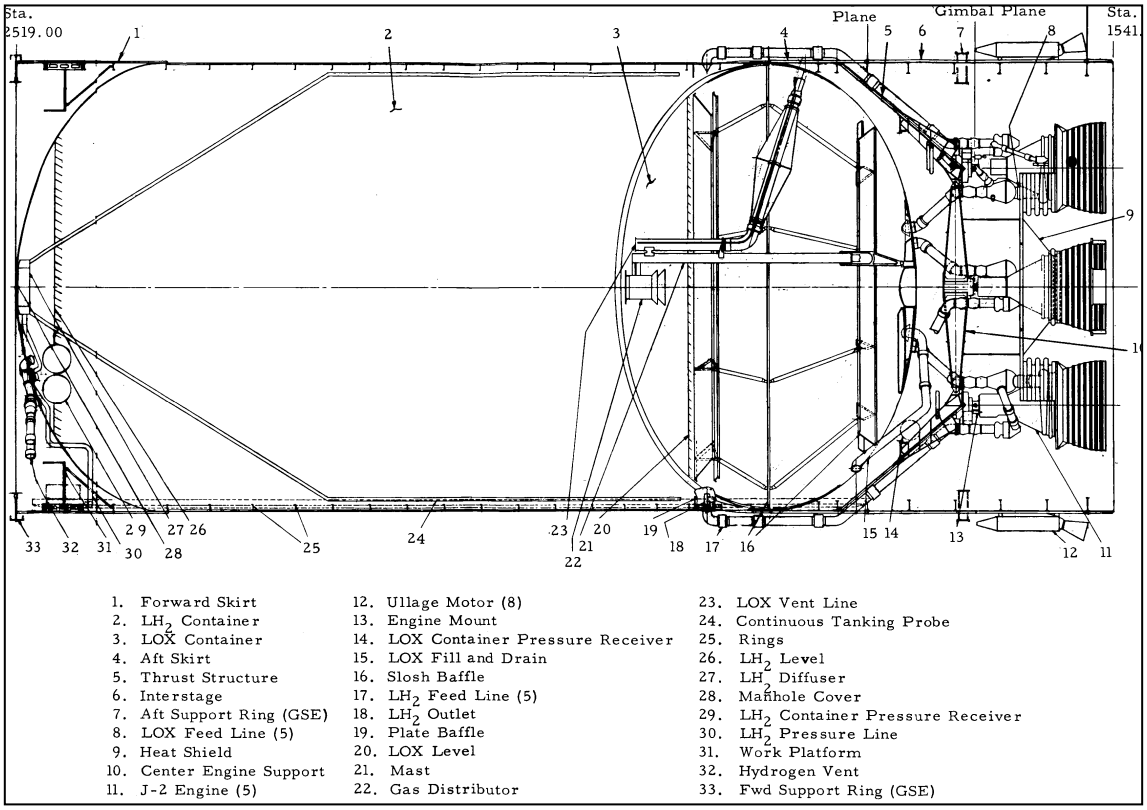
La 1° etapa, denominada S-IC estaba constituida por 5 motores Rocketdyne F-1, alimentados a base de Oxígeno líquido y queroseno, cuya combustión duraba unos 150 seg. produciendo un empuje total de 3400 tn.

El conjunto ocupaba una estructura cilíndrica de 46 m de longitud por 10 m de diámetro en el que se alojaban los depósitos para almacenar las 2106 tn de propergol, el sistema motor estaba constituido por un elemento central y cuatro motores exteriores en racimo montados en forma orientable a fin de estabilizar la dirección del cohete durante su trayectoria.

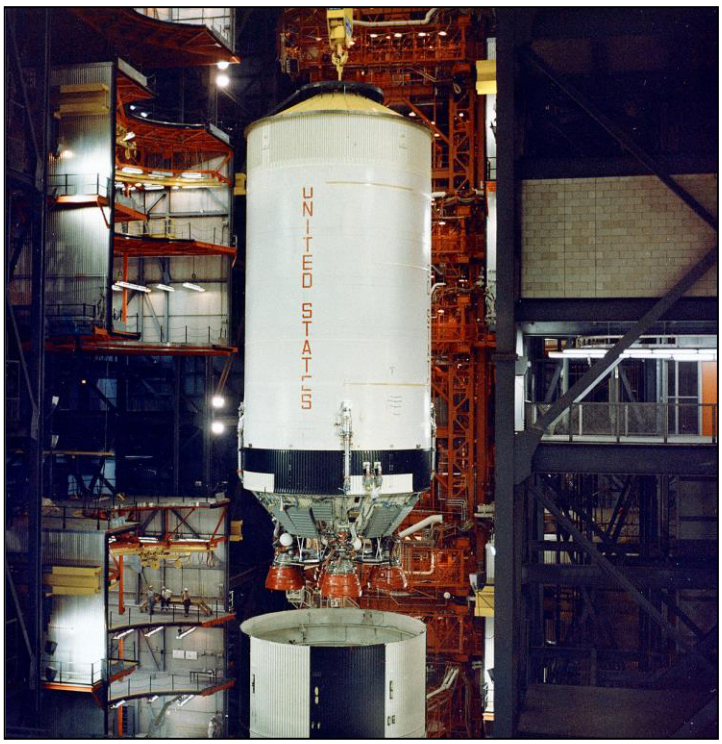




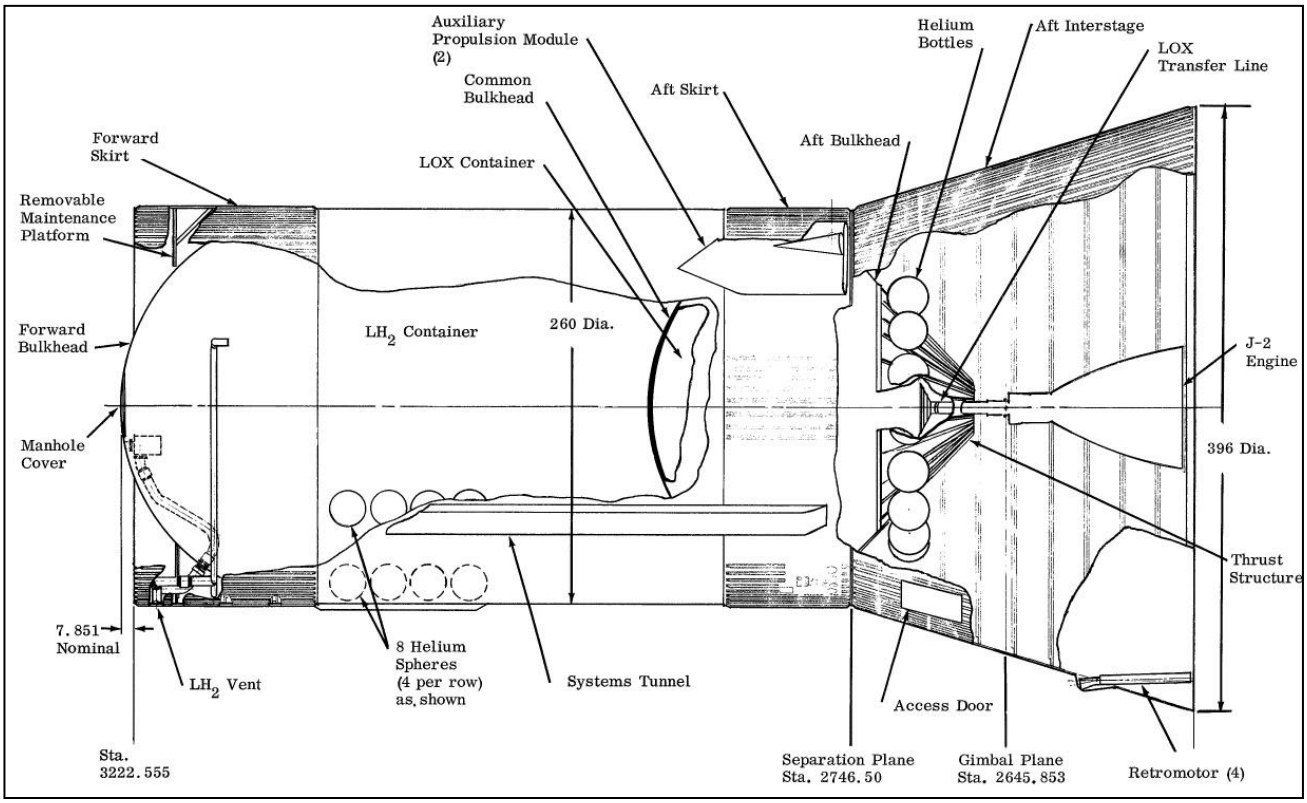
La 2° etapa, denominada S-II se constituía de 5 motores Rocketdyne J-2, utilizaban Hidrógeno y Oxígeno líquidos como propergol, proporcionaban un empuje total de 520 tn, esta segunda etapa estaba alojada en un cilindro de 25 m de largo por 10 m de diámetro y almacenaba 447 tn de propergol.

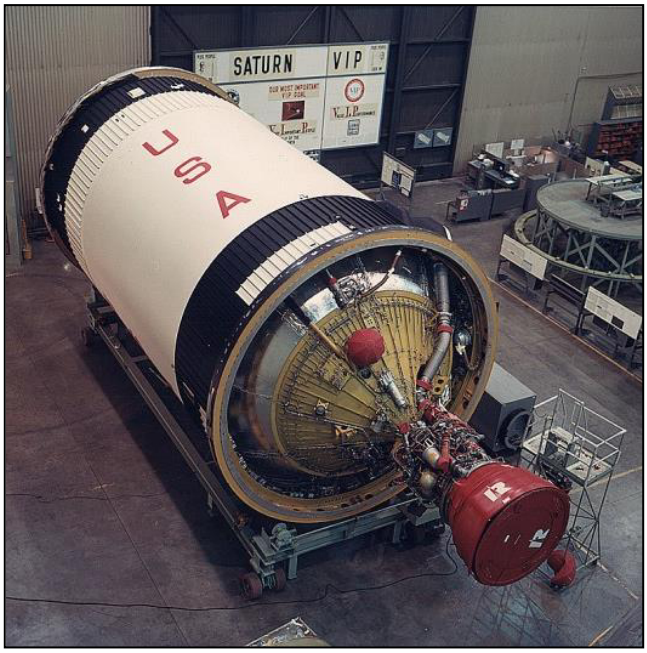


1. Forward Skirt
2. LH_2 Container
3. LOX Container
4. Aft Skirt
5. Thrust Structure
6. Interstage
7. Aft Support Ring (GSE)
8. LOX Feed Line (5)
9. Heat Shield
10. Center Engine Support
11. J-2 Engine (5)
12. Ullage Motor (8)
13. Engine Mount
14. LOX Container Pressure Receiver
15. LOX Fill and Drain
16. Slosh Baffle
17. LH_2 Feed Line (5)
18. LH_2 Outlet
19. Plate Baffle
20. LOX Level
21. Mast
22. Gas Distributor
23. LOX Vent Line
24. Continuous Tanking Probe
25. Rings
26. LH_2 Level
27. LH_2 Diffuser
28. Manhole Cover
29. LH_2 Container Pressure Receiver
30. LH_2 Pressure Line
31. Work Platform
32. Hydrogen Vent
33. Fwd Support Ring (GSE)



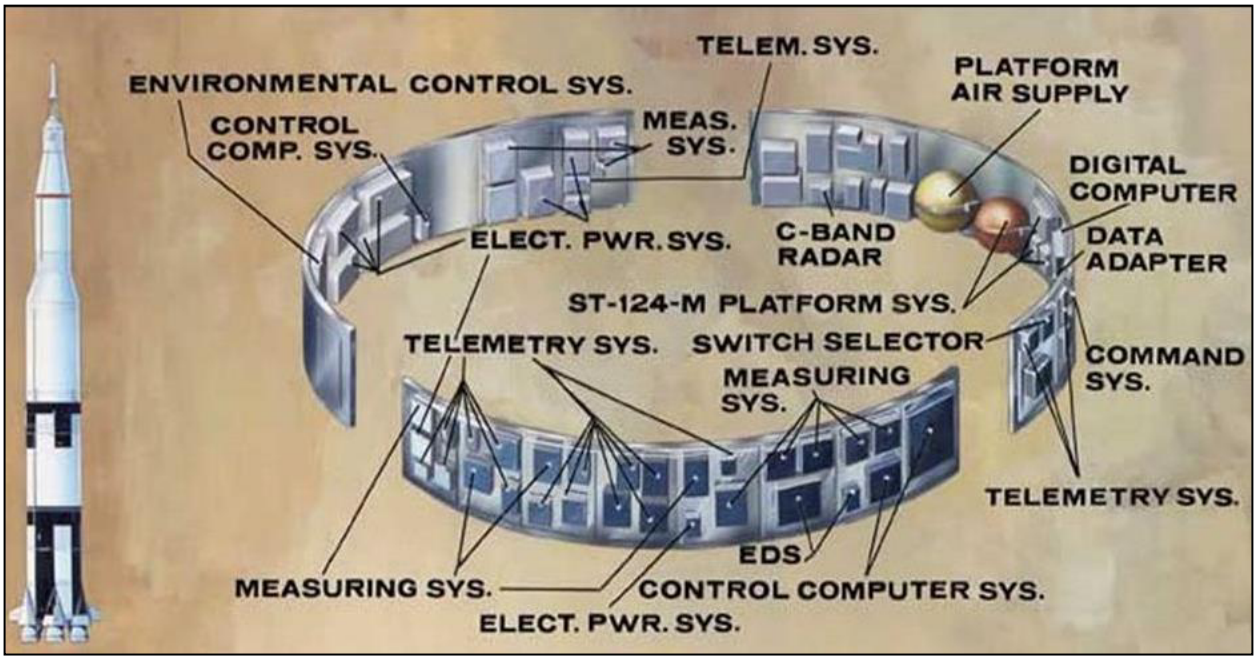
La 3° etapa, denominada SIV-B era un motor Rocketdyne J-2 y se encendía solo 2 minutos, proporcionando un empuje de 91 tn a la nave Apollo para abandonar la orbita terrestre y dirigirse hacia la Luna, logrando una velocidad final de 40000 Km/h, de esta etapa se hicieron varios tests en forma estática en el Cabo Kennedy.

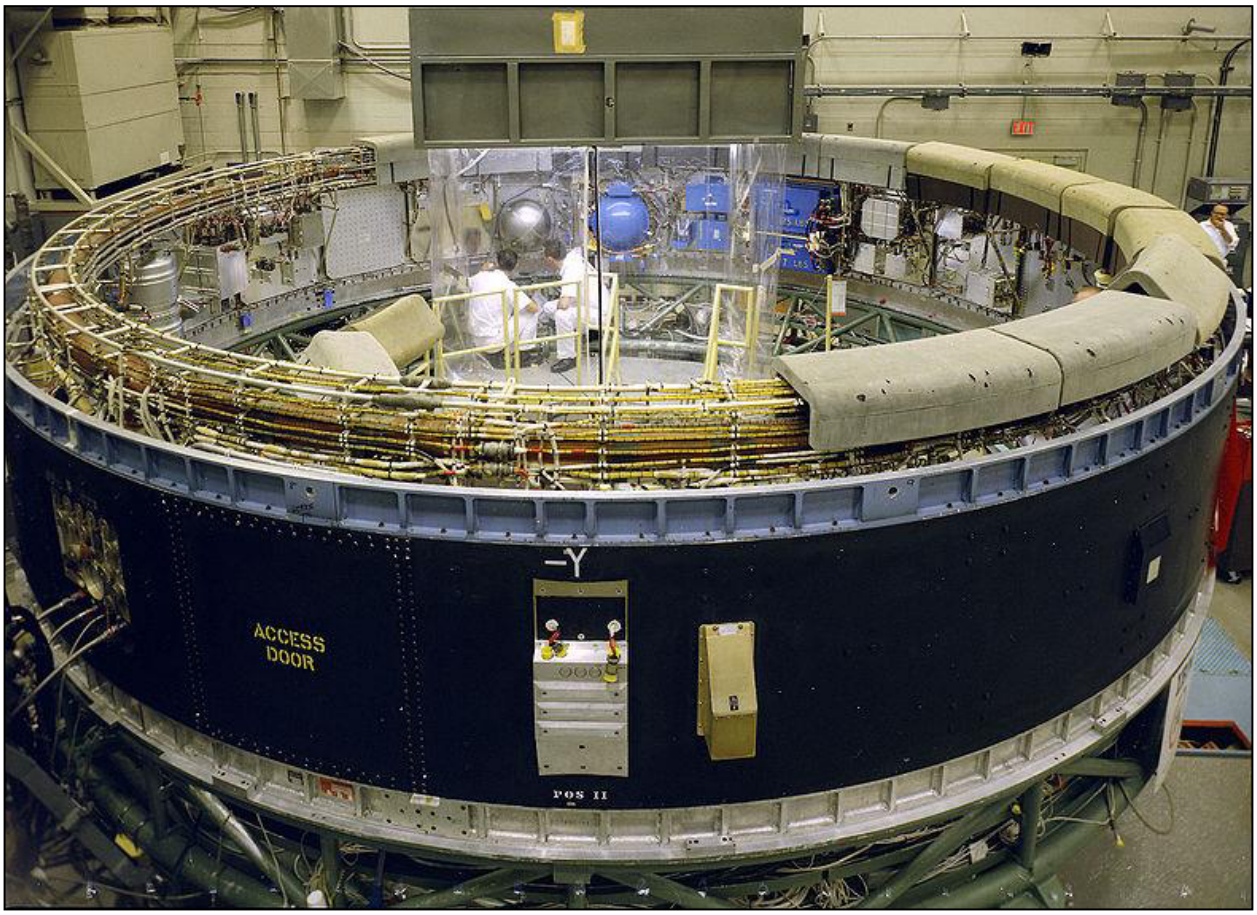




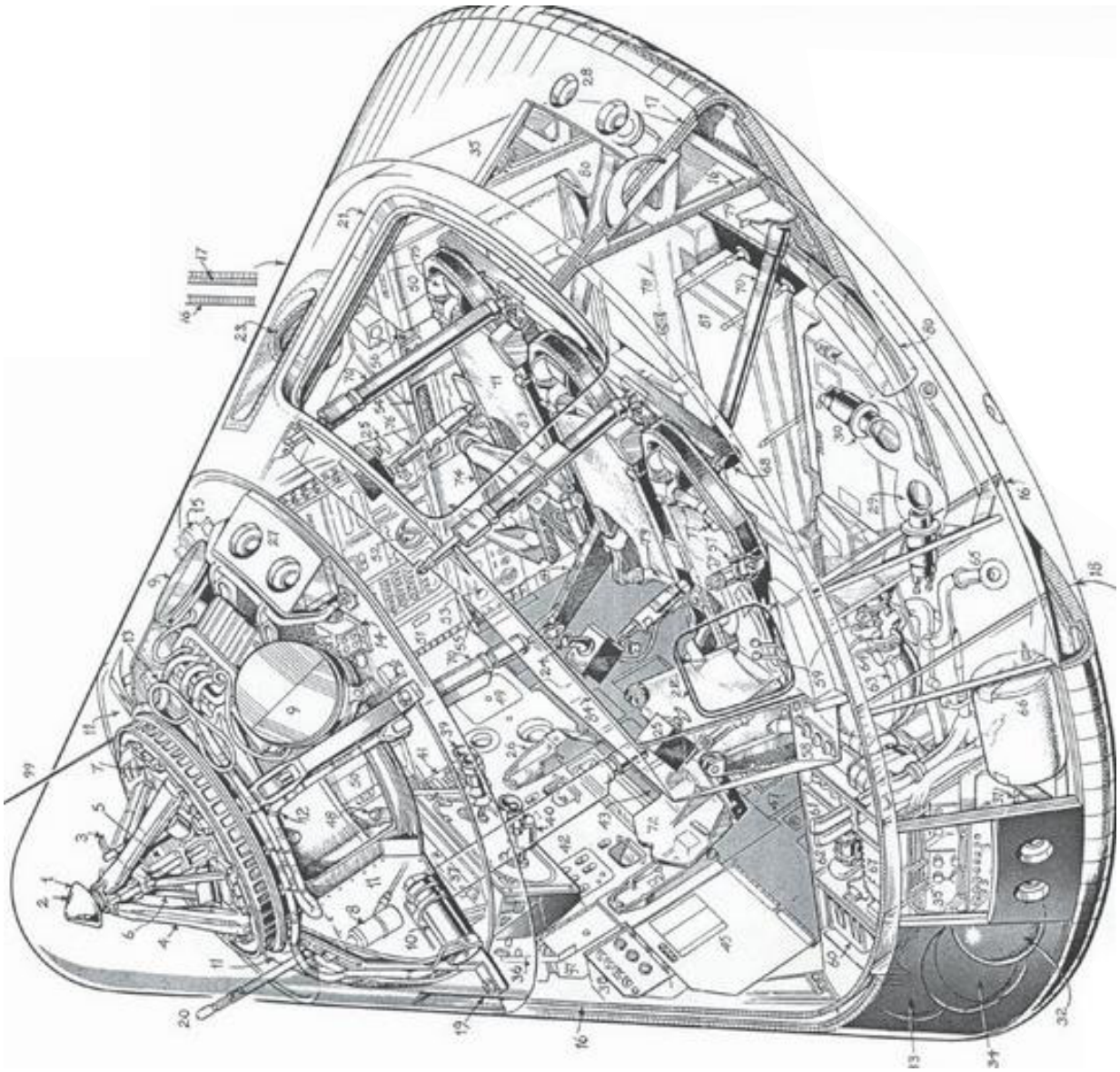
La Unidad de Instrumentos era una estructura en forma de anillo, de casi 1 m de alto, que se fijaba encima de la tercera fase S-IVB, estaba inmediatamente debajo de los paneles del módulo del adaptador lunar (que contenía el Modulo Lunar).

En la unidad se llevaba el sistema de guía del cohete, algunos de los aparatos electrónicos que formaban parte eran una computadora digital, computadora de control del vuelo, sistemas de detección de emergencia, sistemas de telemetría, fue construida por la empresa IBM en el Centro de Sistemas Espaciales en Alabama y fue hecha por un enorme torno que se utilizó para crear las torretas de tanques durante la II guerra mundial.





Módulo de Comando



El vehículo que llevaría a los tres astronautas, era la máquina mas compleja y poderosa sobre la que había puesto su mano el hombre en esas épocas, construida a un costo enorme en dinero y provista de todo tipo de equipos y de ingeniosos dispositivos, con su cabeza de punta roma y sin curvas esbeltas tenia como finalidad, traer de vuelta a Tierra a sus tripulantes lo mas rápido y seguro como sea posible, manteniéndose dentro del rango de limitaciones de peso impuestas por el cohete Saturn-V.

Los tres tripulantes eran ubicados en una cámara cuyas paredes se inclinaban hacia adentro y terminaban en un techo bajo, tenía 10,35 m^3 de espacio, 3,22 m de alto y 3,91 m de alto y un peso de 5,3 tn, su interior estaba atestado de equipos, de manera que al los astronautas les permitía acostarse a todo lo largo y a estar de pie con la cabeza agachada, la cámara era asimismo el ambiente de presión de la nave, herméticamente cerrada contenía la atmósfera que respirarían los astronautas.

Inicialmente se pensaba proporcionar a los astronautas una atmósfera de dos gases, la mitad de Oxígeno y la otra mitad de Nitrógeno (el doble de la proporción de Oxígeno existente al nivel del mar) para compensar el hecho de que sería suministrada a los astronautas una presión de 0,49 Kg/cm^2, después para simplificar el sistema de condiciones vitales de Apollo y reducir la velocidad de perdida de gas, los ingenieros decidieron suministrar una atmósfera de Oxígeno puro a una presión de 0,35 Kg/cm^2.

La mayor parte de la maquinaria del Módulo de Comando estaba dentro del compartimiento con presión artificial, al alcance de las reparaciones que fueran necesarias, alrededor de las paredes había tableros con rótulos, tras los cuales se guardaban comida, agua o pequeñas cajas insertadas de conexiones electrónicas que podían sacarse y repararse fácilmente, o bien reemplazarlas por otras de repuesto.

Las baterías eléctricas de plata/zinc y otros objetos más pesados como la maquinaria que mantenía la atmósfera, estaban instalados en la base del cono, del lado mas próximo a los pies de los astronautas haciendo que la nave fuese más pesada de ese lado.

Sobre las cabezas de los tripulantes había tres ventanas del tipo ojos de buey, el mayor de ellos estaba ubicado en el medio de la escotilla principal de entrada, dos escotillas más pequeñas completaban un total de cinco ventanillas.

En la pared opuesta al astronauta del medio había una pequeña instalación plegadiza que constaba de lavatorio, inodoro y sistema para la eliminación de residuos, en la pared opuesta al astronauta de la izquierda existía una consola de alimentos, que contenía un espacio de almacenaje para comidas, así como tubos comprimibles (como los de dentífrico) de diversos alimentos disecados y congelados y un inyector de agua caliente o fría, según el caso, para reconstituirlos.

Las cuchetas de los astronautas estaban forradas con varios centímetros de estructura del tipo panal que se hundían al ser aplastado por un cuerpo pesado, esto ayudo en el reingreso a amortiguar el impacto de la cápsula en el océano (estos dispositivos reemplazaban las bolsas inflables en la capsula Mercury), los respaldos de los asientos se reclinaban en distintas posiciones para orientar a los astronautas debidamente para las distintas tensiones de aceleración.

La nave también poseía los botones y perillas del control triaxial en los apoyabrazos de los asientos para que los pudieran utilizar sin esfuerzo bajo condiciones de aceleraciones intensas. El asiento central se podía retirar y colocarse sobre una de las paredes, convirtiéndose así en una cama en la que podía dormir el miembro de la tripulación que estaba fuera de servicio, tenía una red elástica de la cual el astronauta no se salía de su cama al quedarse dormido en condiciones de falta de gravedad.

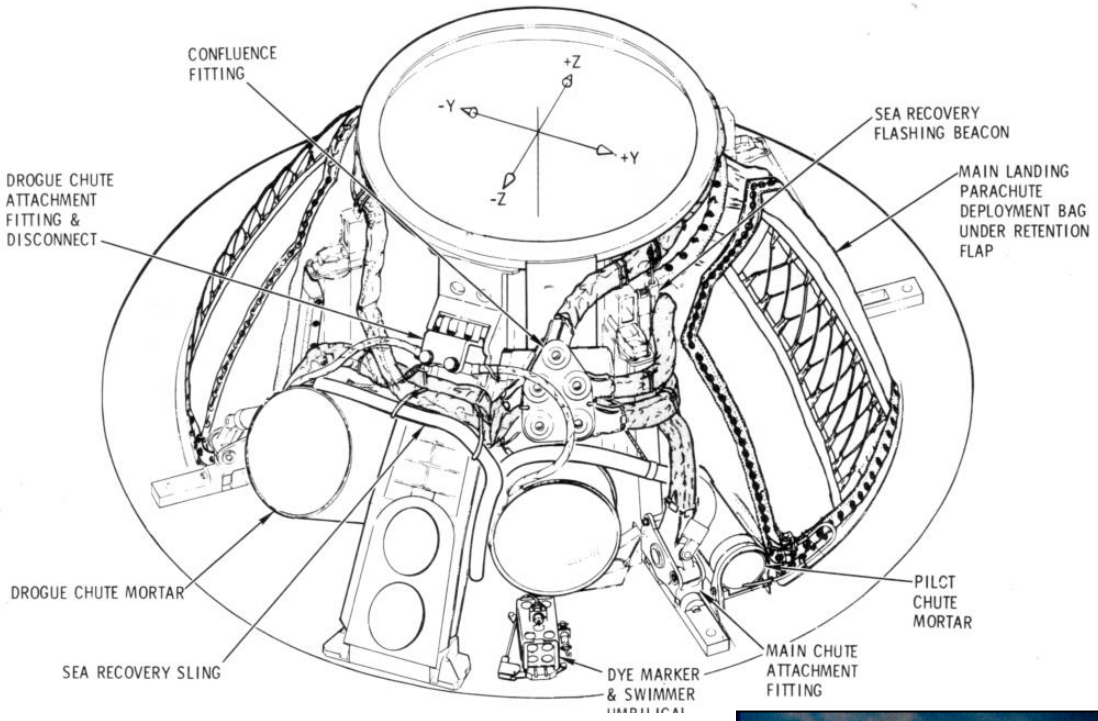
Entre los elementos importantes que llevaba el Módulo de Comando figuraban: agua potable, alimentos, trajes espaciales, tubos de Oxígeno bajo alta presión, material de lectura, instrumentos científicos, radios, dos cámaras de televisión, equipo de primeros auxilios, medicamentos, herramientas para reparaciones, equipos para experimentos en vuelo, el equipo de navegación inercial, la calculadora de usos múltiples, combustible para los mini-cohetes que ponían en posición adecuada a la nave durante el reingreso, paracaídas para los tripulantes, diversas ayudas para el rescate como marcadores de anilina, balsas salvavidas, luces de señales, un telescopio y un sextante.

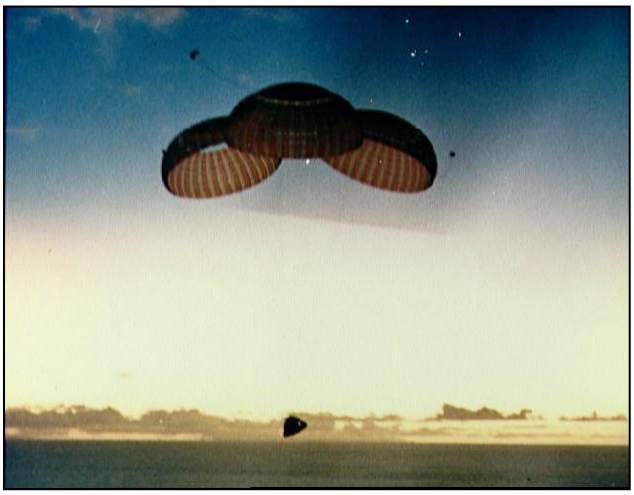
En la parte superior de la cápsula se encontraban el sistema de aterrizaje compuesto por los siguientes paracaídas de frenado: 2 paracaídas cónicos de frenado con fajas de nylon de 3,9 m de diámetro y destinados a la estabilización; 3 paracaídas piloto de fajas anulares de nylon de 2,1 m de diámetro destinados a extraer los paracaídas principales; 3 paracaídas principales de casquete esférico de 25 m de diámetro. Un dispositivo automático de control eléctrico aseguraba que las fases de despliegue de los mismos se realicen en el tiempo y orden previsto, alcanzando la cápsula en el momento de contactar con la superficie del océano una velocidad remanente de solo 35 Km/h.

El frenado final se iniciaba a una altura de unos 7000 m, disparando la presión atmosférica un interruptor barométrico que controlaba la secuencia de los ocho paracaídas, dos de los pequeños imprimían un pequeño frenado y estabilizarían el descenso.

A 3000 m de altitud se soltaban los pequeños paracaídas estabilizadores y se abrían tres paracaídas piloto que provocaban la apertura de los tres paracaídas principales de color blanco-naranja que se encargaban de frenar definitivamente la caída de la cápsula.

También se localizaban en el vértice del cono los tres globos de reequilibrio automático para enderezar la nave una vez que esta tocaba la superficie del océano, así como 2 de los 12 cohetes-motor para el ajuste de la cápsula en el espacio con una potencia cada uno de 42 Kg.





El sistema de control podía funcionar de forma manual o automática y constituía además un sistema de referencia inercial de reserva compuesto por los siguientes componentes:

Tres giróscopos de posición sobre los tres ejes de referencia de la nave denominado B.M.A.G, dando lugar el cambio de posición a una orden del sistema de control de reacción para restablecer la posición deseada.

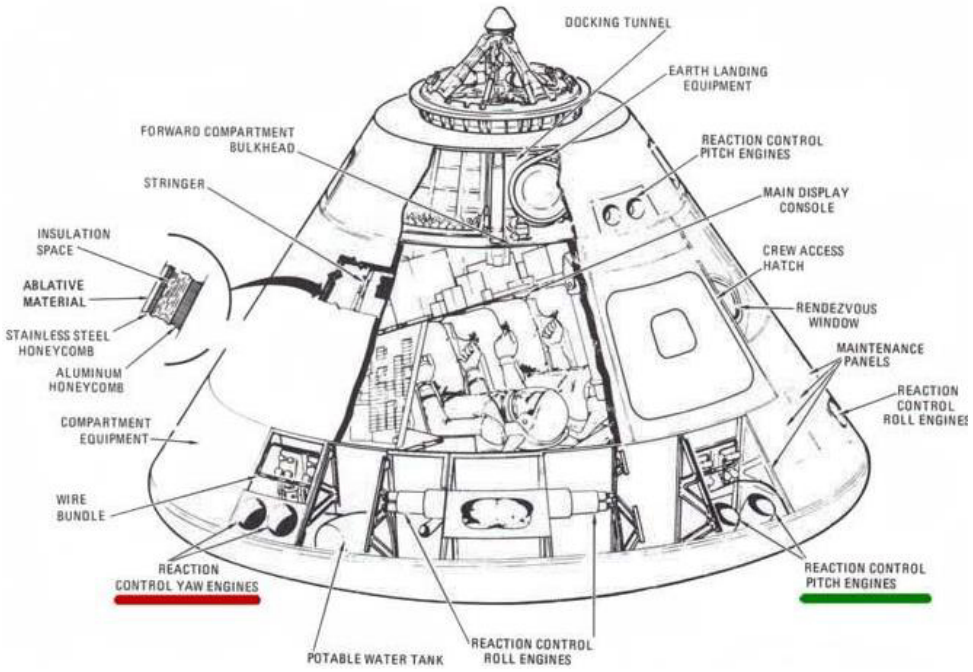
Tres giróscopos indicadores del ritmo de variación de posición denominado R.G.A.

Un acelerómetro de péndulo denominado A.A.G.A. unido a los tres B.M.A.G. que da la indicación sobre la aceleración de la nave para detener automáticamente el motor de propulsión.

Indicadores de ajuste de posición e inclinación deseada del motor de propulsión, indicadores de variación de velocidad remanente.

El sistema de control de reacción R.C.S. proporcionaba el empuje necesario en la dirección debida para variar la posición de vuelo de la nave, de acuerdo con las órdenes recibidas del dispositivo automático S.C.S. con el sistema de guía y navegación o bien el mando manual del piloto.

Este sistema R.C.S. comprendía dos subsistemas independientes de 6 motores de 42 kg de empuje cada uno, con un total de 12 motores, que funcionaban en tándem, permitiendo que si uno de los sistemas fallaba el otro pudiera controlar la nave. El sistema de guía y navegación se coordinaba con los sistemas de control y estabilización, con el de propulsión del módulo de servicio, el eléctrico, el de instrumental, ambiente y telecomunicaciones.

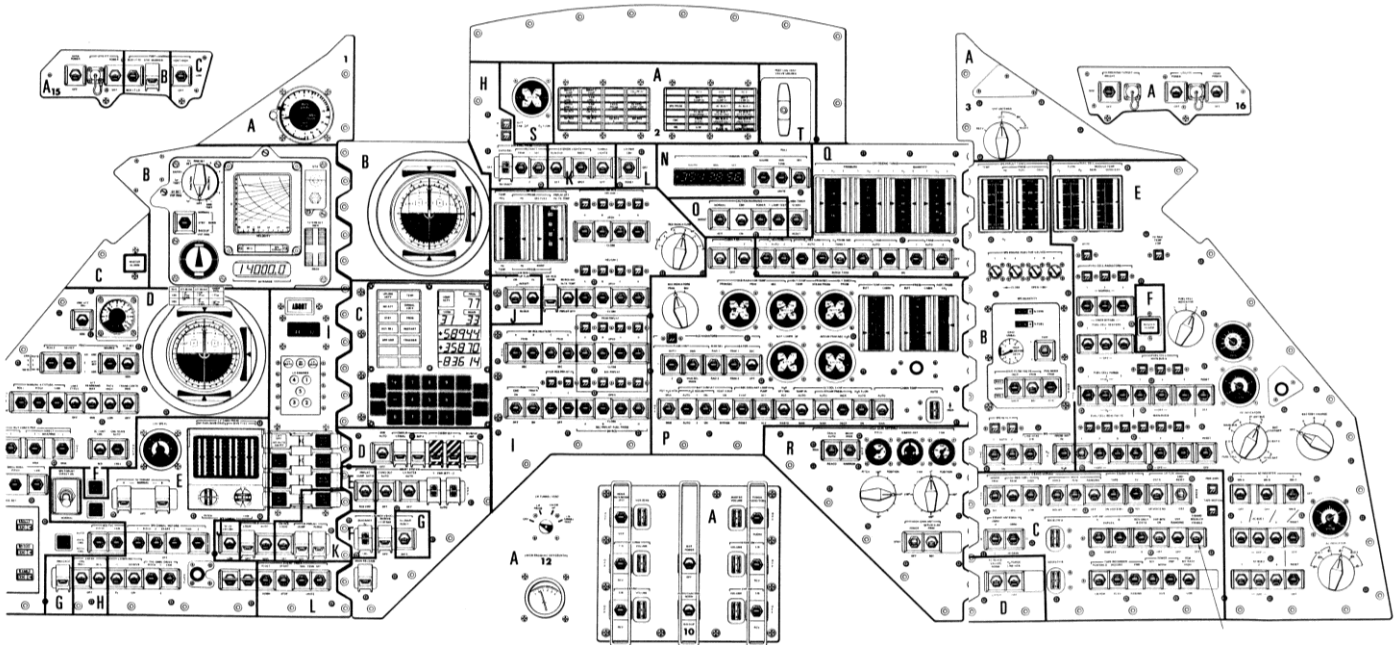


El sistema de comunicaciones permitía realizar la misma entre la nave Apollo y las estaciones de control situadas en la Tierra, utilizando las estaciones del Centro Kennedy y los centros de recepción satelital en distintos lugares del mundo, así como también en barcos en algunas zonas marítimas, también permitía realizar comunicaciones entre el CSM y el LEM, y entre el CSM y los astronautas en misiones extravehiculares.

La nave poseía electrónica en radiofrecuencia RF con transmisor VHF/FM y transceptor VHF/AM, transponder de banda C, equipo para banda S unificada, haz dirigido UHF y transceptor HF, antenas, omnidireccional para UHF, banda S, VHF dirigida, HF dirigida y banda C, intercomunicadores para la tripulación, con un sistema de control de audio y pupitre para el control del mismo.

El pupitre del sistema de control y mando se encontraba localizado sobre los asientos de los astronautas facilitando con ello su manejo. Los mandos y controles de la parte izquierda correspondían a los sistemas de propulsión, estabilización, reingreso, seguridad y detección de emergencias, junto al ordenador electrónico (Apollo Guidance Computer), los indicadores de altura, posición de vuelo y velocidad.

En el centro del pupitre se localizaban los mandos del sistema de audio, ambiente y controles de reacción, a cuyo lado están las comunicaciones y los sistemas de telemetría, así como los indicadores de oxígeno, cantidad de propergol, de presión y temperatura de la cabina.



La nave contaba con un sistema de pilotaje con más de 500 interruptores, 40 indicadores y al menos 70 luces, encontrándose los dispositivos principales duplicados para mayor seguridad que controlaban el sistema de estabilización y control (SCS) encargado de mantener la posición de vuelo de la nave y el empuje deseado del motor de propulsión del módulo de servicio.

También disponía de un sistema de acoplamiento del CSM al módulo lunar que se encontraba localizado en el vértice del módulo y sobre el compartimiento de paracaídas, y que constaba de un dispositivo cónico articulado de guía, que se extendía al establecer el contacto para alinear perfectamente el módulo de mando y servicio, con el módulo lunar y el anillo de encaje y fijación.

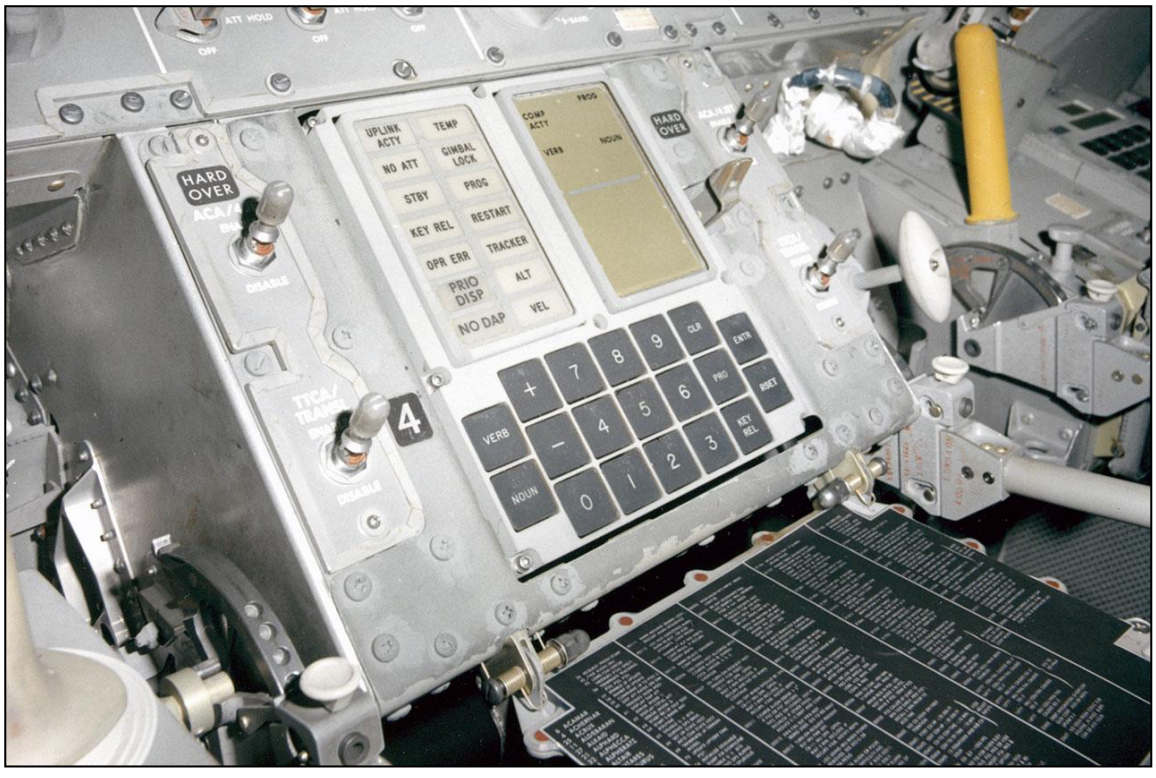
El equipo de supervivencia para caso de emergencia tras el amerizaje consistía en una balsa hinchable, emisora de radio, un dispositivo desalinizador de agua, así como botiquín y 7 litros de agua potable.

La computadora Display Keyboard Apollo Guidance Computer (AGC), también llamada DSKY de la nave Apollo era un proyecto muy innovador para la época y requirió mucho trabajo de investigación y diseño en distintas áreas, como debía caber en un pequeño espacio que tenía asignado dentro de la nave, era necesario reducir el tamaño todo lo que se pudiera y el tipo de tecnología a utilizar era algo vital para poder cumplir las metas de tamaño y peso. Con este fin se recurrió a lo más avanzado en electrónica en esos años que eran los circuitos integrados, de reciente invención. En el Massachusetts Instituto of Technology (MIT) tenían como tarea estudiar esta nueva tecnología y ver cuál era la mejor forma de utilizar estos componentes en el proyecto, pero manteniendo la confiabilidad requerida.

La tecnología de las memorias también era algo muy importante para poder disponer de suficiente información en el sistema sin exceder el volumen disponible, a nivel diseño se necesitaba crear una arquitectura que fuera capaz de correr eficientemente un programa complejo que todavía no había sido escrito pero cuyas características ya se estaban delineando, y, a la vez, como la tecnología electrónica no permitía todavía una gran miniaturización, había que simplificar el diseño dejando sólo lo necesario para que el tamaño de la computadora fuera el adecuado.

Era necesario encontrar un punto de equilibrio entre la complejidad del hardware y el software, porque agregarle más funcionalidad al hardware aumentaría el tamaño del equipo aunque simplificaría el desarrollo del software, por otro lado, si se le quitaban funciones al hardware sería necesario escribir programas más complejos que realizaran por software lo que no era posible por medio de la electrónica y de esta forma se hacía más complicado el proceso de desarrollo, mientras la ejecución se volvía más lenta al haber más instrucciones, elevando el riesgo de que la computadora no fuera capaz de ejecutar todo lo necesario para controlar la nave en tiempo real.

Esta computadora debía cumplir la función de pilotear la nave, principalmente controlando los motores, tanto el principal como los pequeños propulsores que ajustaban el ángulo de la nave, y lo debía realizar obteniendo información de los giroscopios y acelerómetros para saber cómo se estaba moviendo en el espacio y para poder interactuar con el mundo físico, la AGC necesitaba un sistema de entradas y salidas conectado a los distintos sistemas eléctricos de la nave para poder saber en que estado se encontraba en cada momento y también poder controlar a la nave.



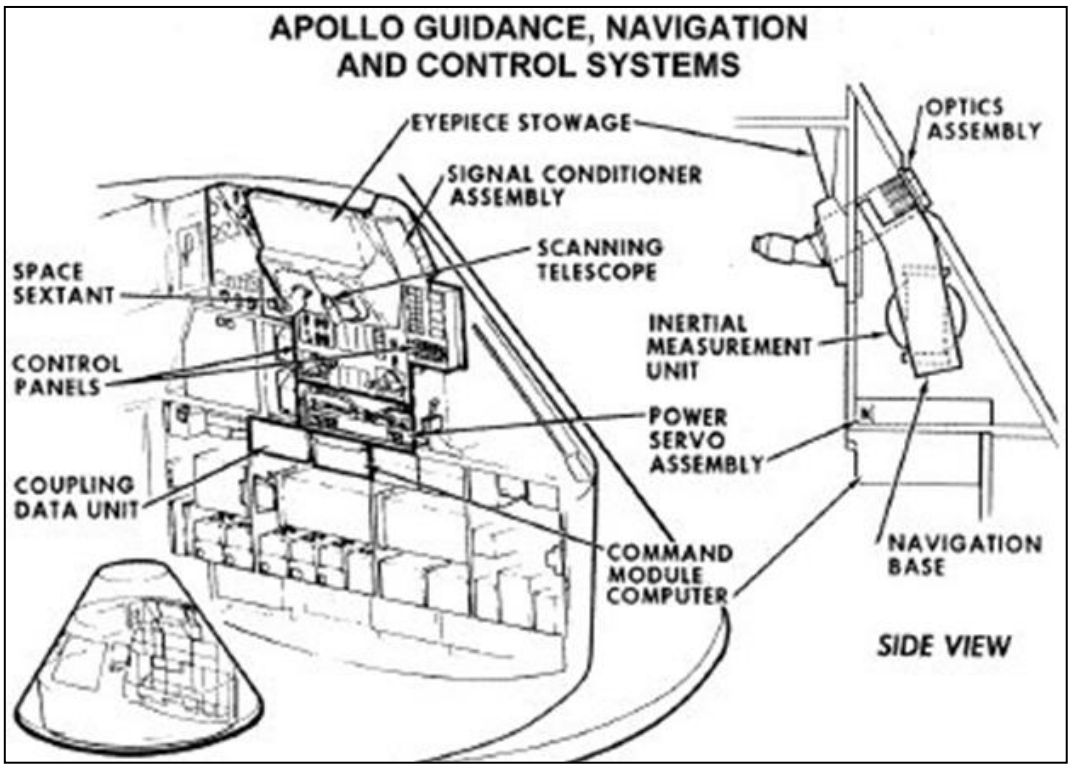
La computadora estaba fabricada con 2800 circuitos integrados, todos iguales entre sí y cada uno con un nivel de integración muy bajo: apenas 6 transistores con sus conexiones en cada integrado, lo que daba un total de 16800 transistores para toda la computadora. Aun con circuitos integrados tan poco sofisticados la ventaja que se tenía (comparado con la utilización de transistores independientes) era mucha en ahorro de consumo eléctrico, volumen y conexionado.

AGC es anterior a la adopción del estándar de representación de las cantidades con 8 bits (un byte) y sus múltiplos (16, 32, 64, etc.) que se fue dando con el tiempo, y en su diseño se optó por usar palabras de 15 bits, eran comunes en la época computadoras de 36 bits (IBM 7090, PDP-10) 25 bits (UNIVAC III) o 12 bits (PDP-8) entre otras, este tamaño de palabra se utilizaría tanto para datos como para instrucciones.

Las memorias de esta computadora trabajan con palabras de 16 bits porque cada palabra incluía un bit extra de redundancia. Este bit es redundante porque es dependiente del valor de los otros 15 bits: indica si hay una cantidad par o impar de bits en 1 en los 15 bits de datos y servía para detectar rápidamente la existencia de un problema de hardware si no coincidía con el valor esperado. Con este bit de paridad se podía detectar un problema con una probabilidad de un 50% en una palabra, pero cuando había más palabras con errores la probabilidad de detectarlos obviamente crecía. Este tipo sistema de detección de errores por bit de paridad era útil en un sistema de control en tiempo real para poder detener la ejecución de la computadora cuando ocurrían errores importantes, porque de seguir funcionando podría realizar acciones que ponían en riesgo bienes materiales o hasta la vida de personas.

El sextante del Módulo de Comando permitía realizar mediciones ópticas muy precisas y se podían leer los ángulos de ese instrumento desde la computadora, pero es el software el que debía realizar todos los cálculos para obtener la orientación y posición de la nave en base a esas mediciones.

En la computadora se tenía una lista de 38 estrellas, cada una con sus coordenadas en el cielo según un sistema de referencia común a todas, para seleccionar una estrella se le indicaba el código que tenía esta estrella en la lista usando la numeración octal, por ejemplo el código 12 octal era Rigel, 14 Canopus, 15 Sirio, 36 Vega y 40 Altair. Si se le indicaba a la computadora que apunte hacia una de estas estrellas, rotaría la nave y al sextante en una orientación tal que permitiría observar esta estrella desde el visor de este instrumento, si la calibración de la unidad inercial estaba bien, al mirar por el sextante se podría observar esta estrella en el centro.



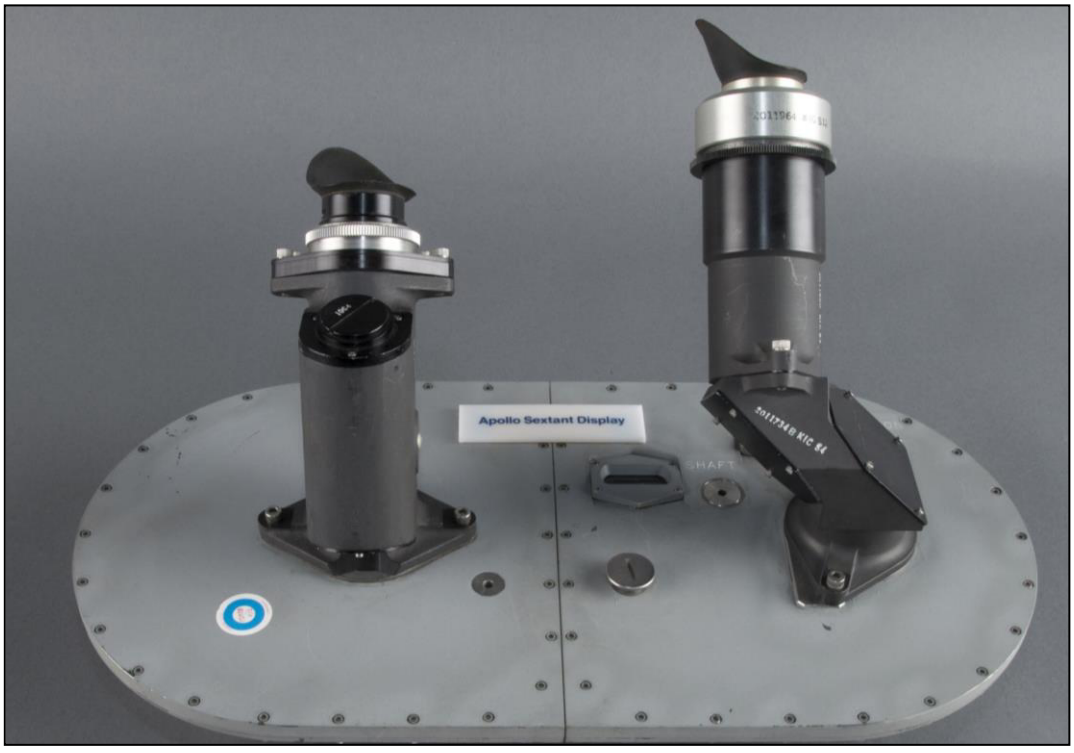
Si hiciera falta calibrar a la unidad inercial, se rotaba a la nave buscando una de las posibles 38 estrellas hasta que se la pueda observar por el visor del sextante y luego se ajustaba el sextante hasta que la estrella quede en su centro y se le indicaba a la computadora que estaba centrada. El software, al conocer los datos de la orientación de la nave con respecto a la unidad inercial, la orientación del sextante con respecto a la nave y las coordenadas de la estrella hacia la que apunta el sextante, calculaba la desviación de la unidad inercial, Si se realizaba esta operación con dos estrellas distintas, la computadora calculaba cuanto había que ajustar la unidad inercial para dejarla bien orientada en las tres dimensiones, en el visor se le mostraba este valor al astronauta y, si lo aceptaba, aplicaba el cambio sobre la unidad inercial, el otro uso que se le daba al sextante era para calcular la posición de la nave en el espacio.

Para eso, en lugar de simplemente apuntar hacia una estrella, se utilizaba la capacidad del sextante para medir ángulos entre dos objetos, se orientaba la nave para apuntar hacia el horizonte de la Tierra o de Luna con el visor fijo del sextante, luego se movía el otro visor del sextante hasta apuntar en su centro a una estrella conocida hasta que el horizonte y la estrella, que el astronauta los veía superpuestos, quedaran perfectamente alineados.

Como la nave se movía a una velocidad considerable con respecto a uno de los cuerpos observados, ya sea la Tierra o la Luna, sobre todo teniendo en cuenta que se observaba con un aumento de 28X, entonces esta alineación duraría un instante, la computadora tomaba la hora en que se hizo la medición y el ángulo en que se encontraba el horizonte y la estrella en ese instante dado. Como también se conocía el movimiento orbital de la Tierra y la Luna y se sabía la posición que deberían tener en el momento preciso en que se realizó la medición y también al conocer las coordenadas de la estrella observada, calculaba desde que punto del espacio se realizó la medición y esa era la posición de la nave exacta en el espacio.

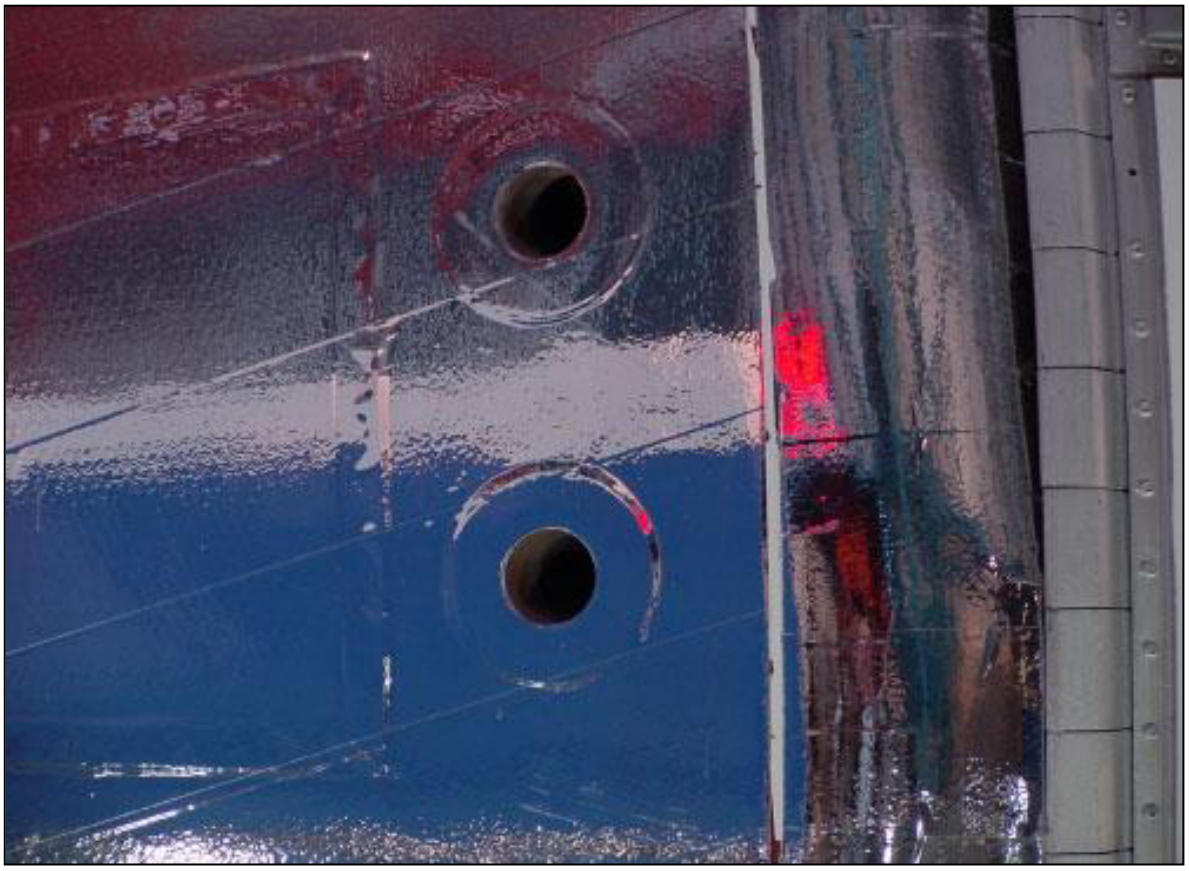
Si bien la precisión del sextante es muy alta, cualquier pequeña desviación en las mediciones podía producir que se calculara una posición muy alejada de la real, para corregir desviaciones en las observaciones el software usaba una técnica matemática conocida como filtro de Kalman, que se había desarrollado poco tiempo antes de comenzar el programa Apolo y el MIT la estudió exhaustivamente para utilizarla en la navegación, el resultado de una medición se podía tomar como la suma del valor real que se intentaba medir y ruido, este ruido eran las desviaciones producidas por imperfecciones en los instrumentos y, si se consideraba que la distribución de este ruido era completamente al azar, el filtro de Kalman ayudaba a filtrarlo en gran medida para obtener mediciones más precisas. Esta es una técnica estadística que trabajaba sobre una serie de mediciones, nunca en una aislada, promediando el ruido entre mediciones y utilizando estimaciones de margen de error de cada sensor del sextante.

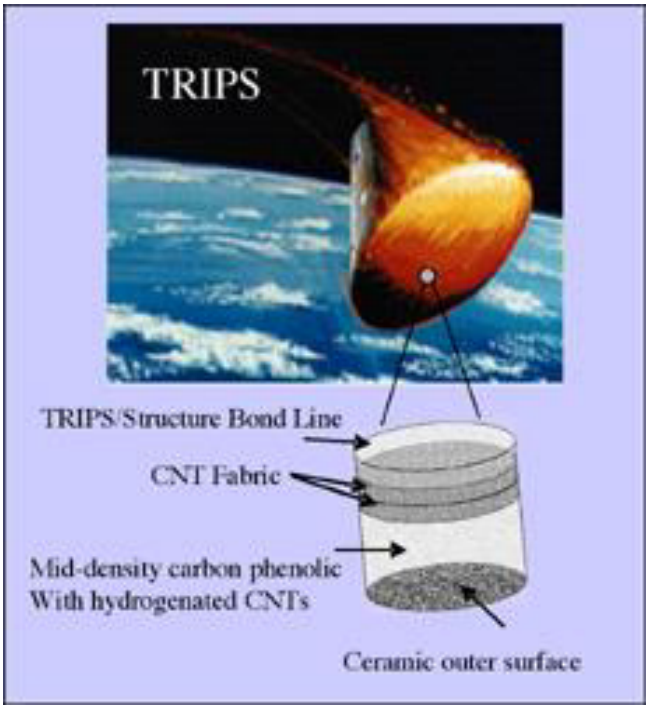
La implementación en el software fue bastante sencilla porque con cada medición que se efectuaba se utilizaban coeficientes para filtrar el ruido y a la vez se actualizaban estos valores para que se usaran en la próxima medición, esto no requería una gran cantidad de procesamiento extra, salvo unas pocas operaciones aritméticas por cada medición.



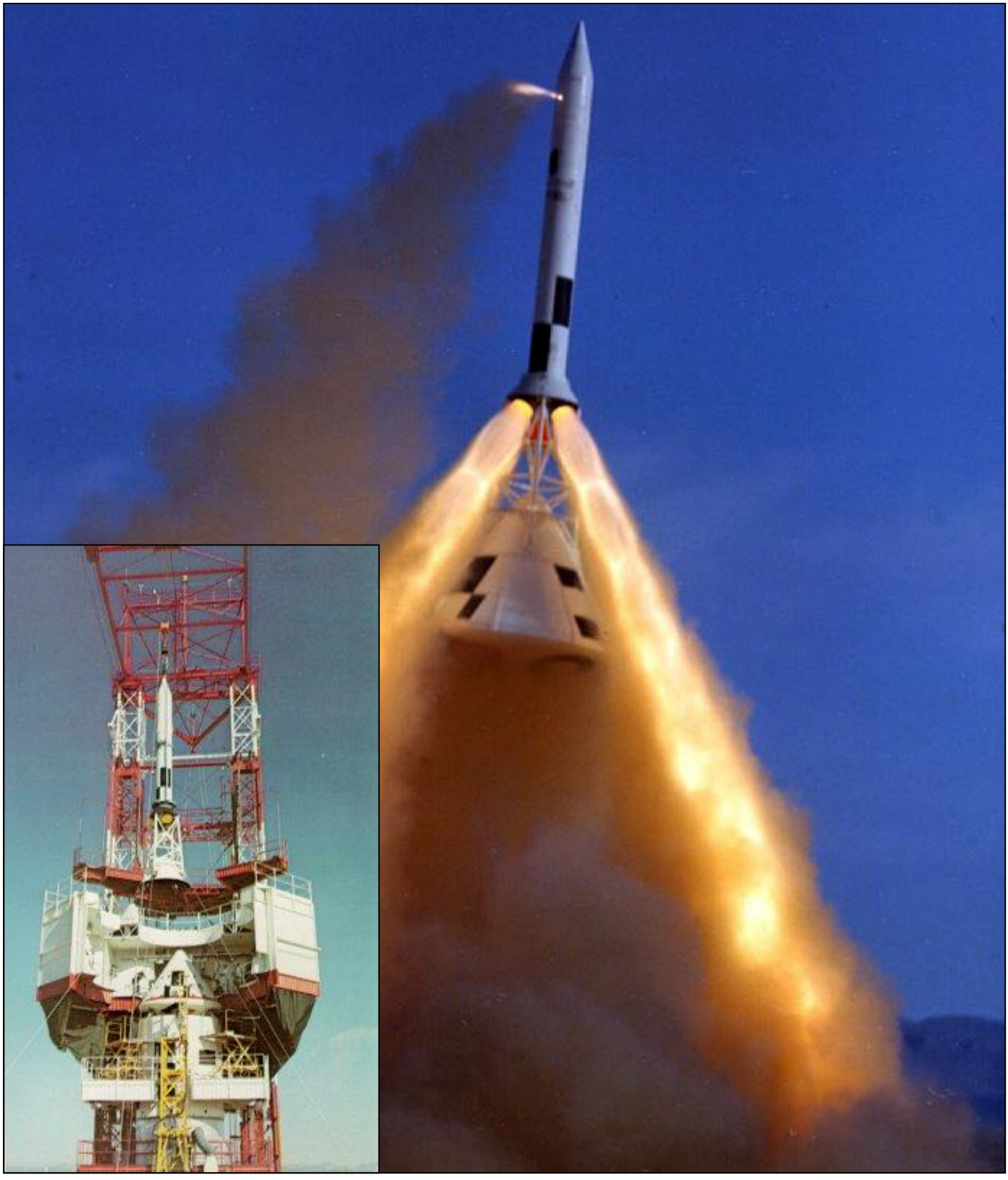
La consecuencia de utilizar este filtro es que las mediciones iban mejorando a medida que se hacían más, las primeras observaciones que se realizaron no arrojaron buenos resultados y era necesario efectuar varias hasta que se empezaron a hacer más precisas, era muy importante que todas las observaciones las hiciera la misma persona y usara siempre el mismo criterio, porque, por ejemplo, en la determinación del horizonte, la atmósfera terrestre hacía difícil decidir dónde terminaría la Tierra y empezaría el espacio, pero si en todas las mediciones se tomaba este límite, en el mismo lugar, los cálculos mejorarían.

Fuera del compartimiento bajo presión, envolviendo al equipo de rescate, estaban el revestimiento principal y el protector térmico del modulo de comando. El protector térmico tenía aproximadamente 38 mm de espesor en la superficie ligeramente convexa de la base del cono, que es la que hacía frente a los aprox. 3300 ºC durante el reingreso de la cápsula en la atmósfera terrestre y que tenía un espesor algo mayor en la parte cónica posterior, por debajo del protector térmico, allí se encontraban las capas del revestimiento principal que consistían en dos finas chapas de acero, con una hoja de acero inoxidable de 13 mm entre ellas, luego había 5 cm de aislación y después estaban las capas internas, que eran un terciado de 25 mm de chapas de aluminio calado.





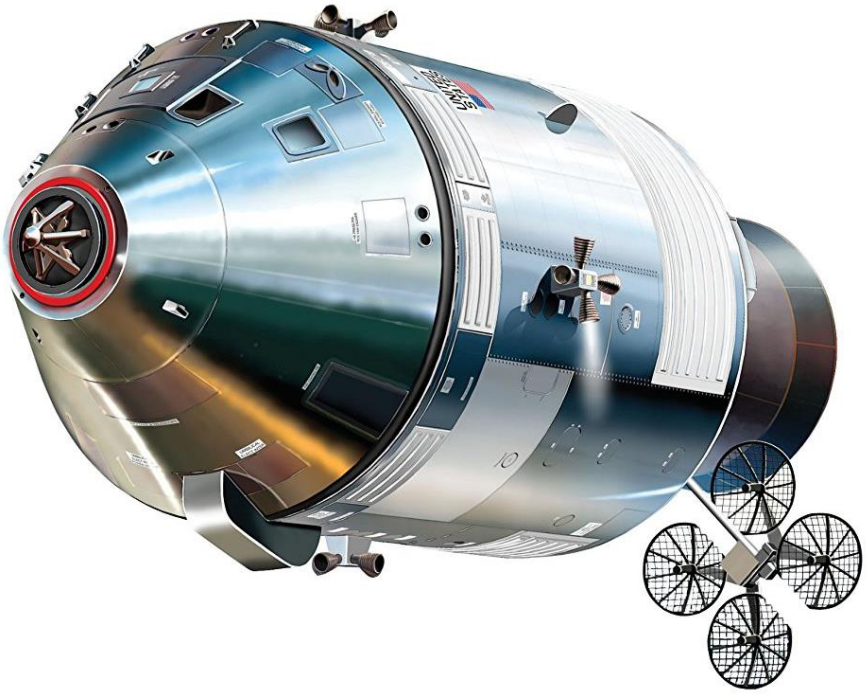
Por encima de la cápsula se encontraba la torre de escape, de unos 10,5 m de altura, contenía un cohete con motor de combustible sólido y cuatro escapes que apuntan hacia abajo y ligeramente hacia fuera, este sistema, en caso de ser necesario, podía llegar a despedir el Módulo de Comando de 5 tn a una altura de 1200 m de su posición de reposo o desde el lugar que ocupaba al comenzar el viaje entre las capas atmosféricas, al mismo tiempo, un pequeño cohete hacia ignición y le causaba un empuje lateral a la cápsula, sacándola del peligro mayor, del cohete portador .



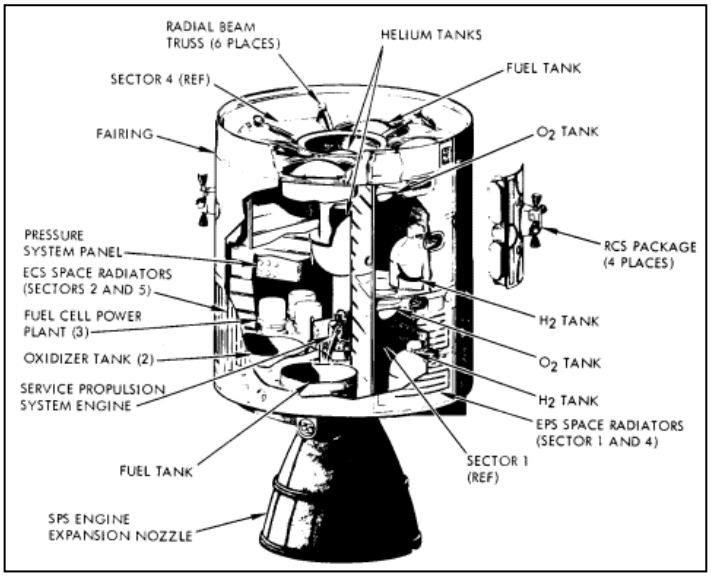
Módulo de Servicio (CSM)

El Módulo de Servicio (CSM) era un cilindro simple de 4,5 m de largo y 3,9 m de diámetro, el mismo ancho que el Modulo de Comando, los dos módulos estaban unidos por pernos explosivos a fin de separar la nave en el momento adecuado.

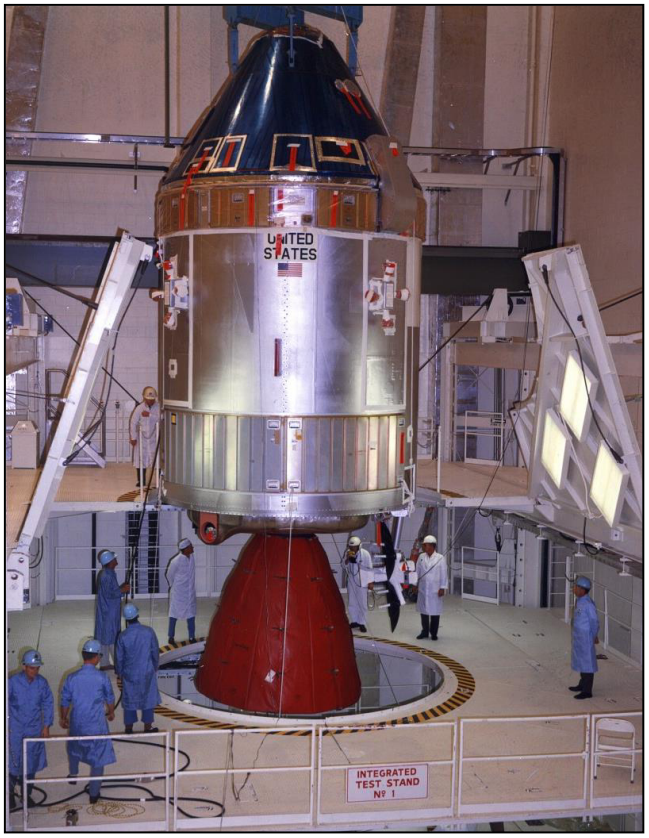
Este módulo servía para albergar todos los elementos y cohetes que no se necesitaban en forma indispensable en el Módulo de Comando durante el reingreso, ocupaba el motor principal de propulsión, que podía ser encendido mas de una vez, este motor tenía una potencia impulsora de 9980 Kg, este motor para todo servicio se lo utilizaba para hacer correcciones a mitad de camino del vuelo a la Luna y del regreso, para desacelerar el vehículo en una orbita circular alrededor de la Luna y para acelerarlo nuevamente para el regreso a la Tierra.

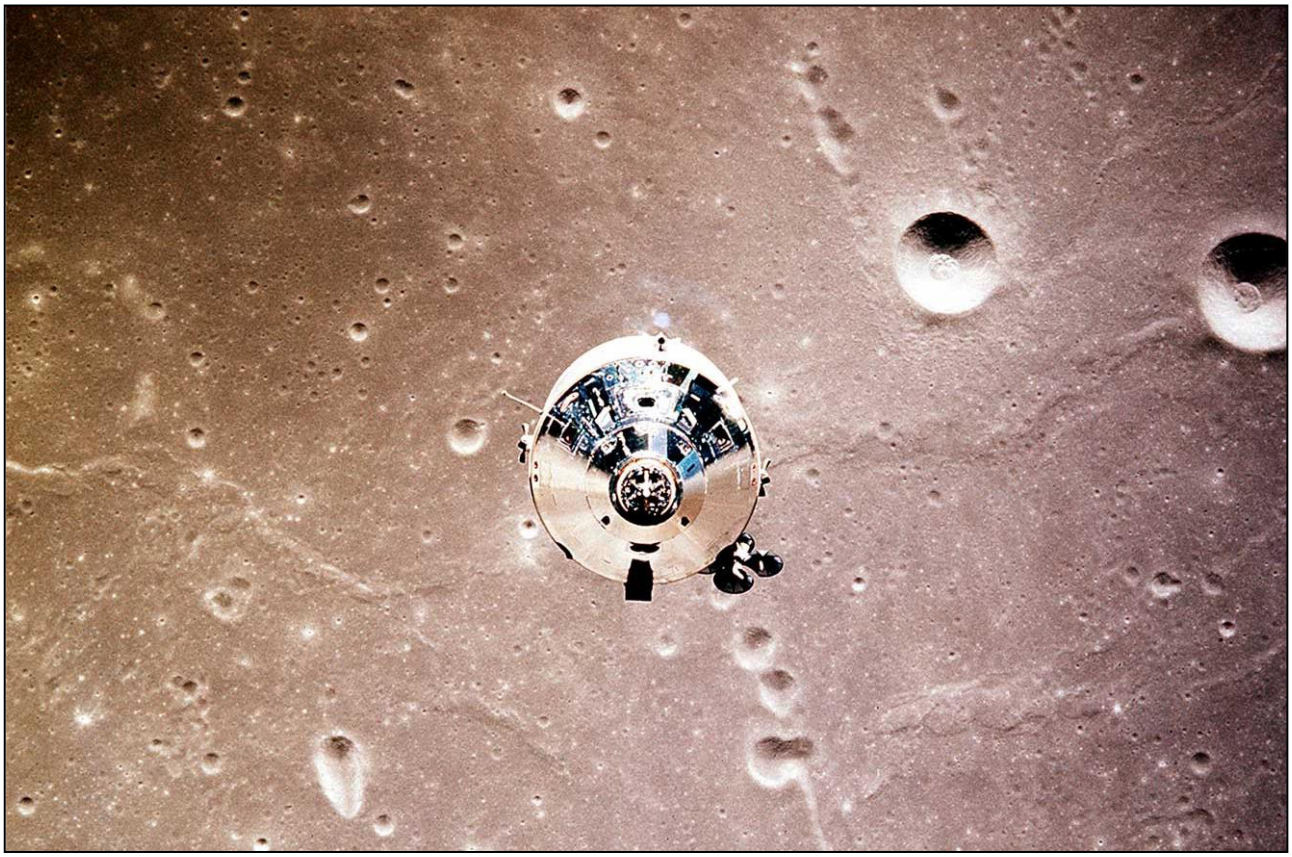


A los costados del módulo se encontraban una abertura por la que salían antenas parabólicas con el objetivo de tener comunicaciones entre el planeta y la nave y los pequeños cohetes que permitirían a la nave derivar, cabecear y rolar, así como efectuar desplazamientos laterales y en distintas direcciones, facilitando así, los encuentros en el espacio y otras maniobras tendientes a obtener una orientación adecuada para la navegación.



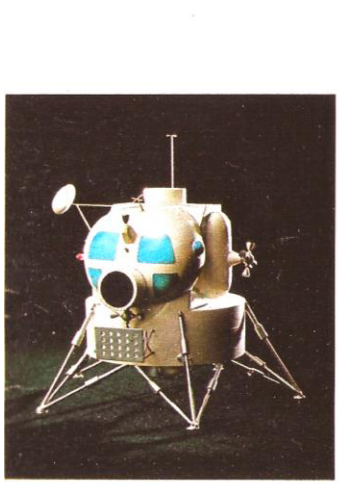
Tres pilas eléctricas, junto con tanques de Hidrógeno y Oxígeno se encontraban en la parte superior, estas pilas suministraban la totalidad de la energía eléctrica y elaboraban parte del suministro de agua potable, como un subproducto de la reacción química mediante la cual generaban electricidad, la principal fuente de Oxígeno para respirar durante el vuelo, estaba contenida en el Módulo de Servicio.

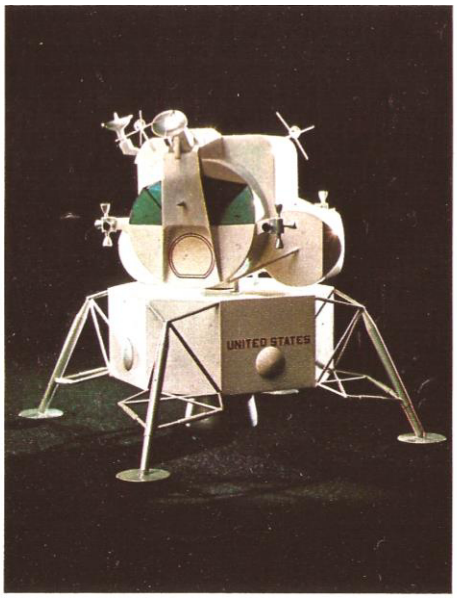


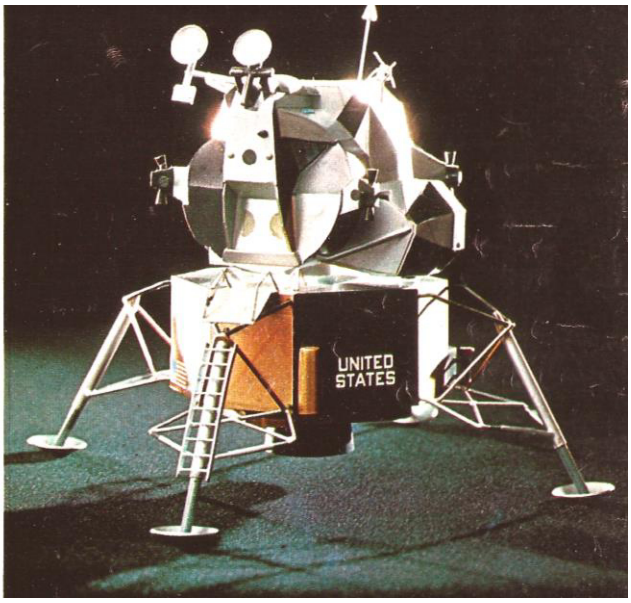


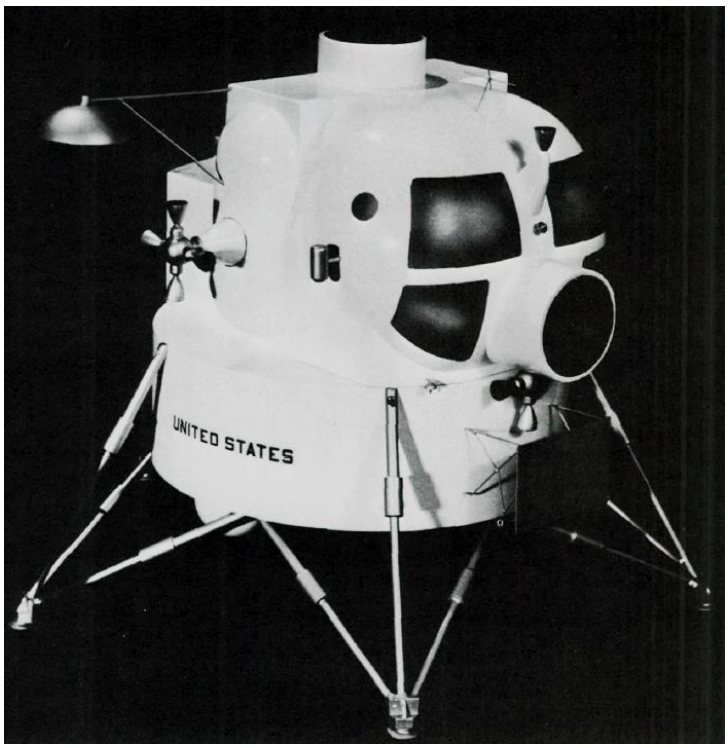
Módulo de Exploración Lunar (LEM)

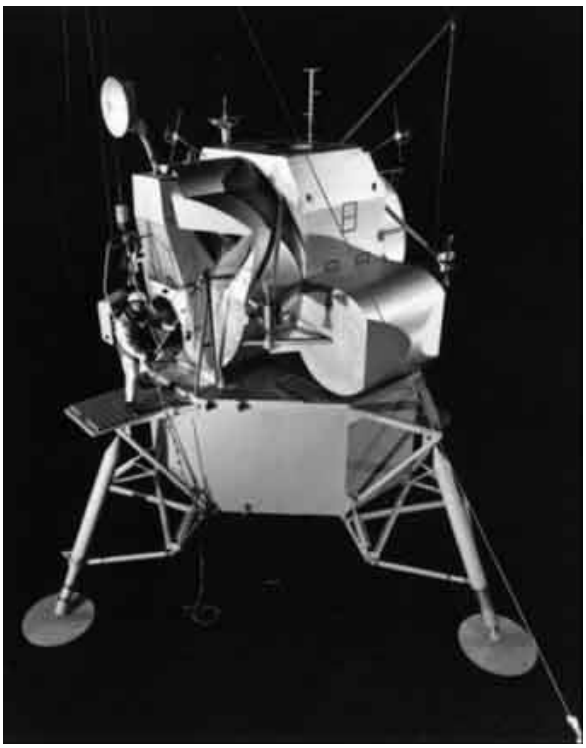
Inicialmente hubo varias versiones del Módulo de Exploración Lunar (LEM) luego de varios estudios se fue perfeccionando el modelo y derivando en formas menos cilíndricas como las que se tenía en el proyecto inicial de 1962, en estas imágenes se puede ver la diferencia.



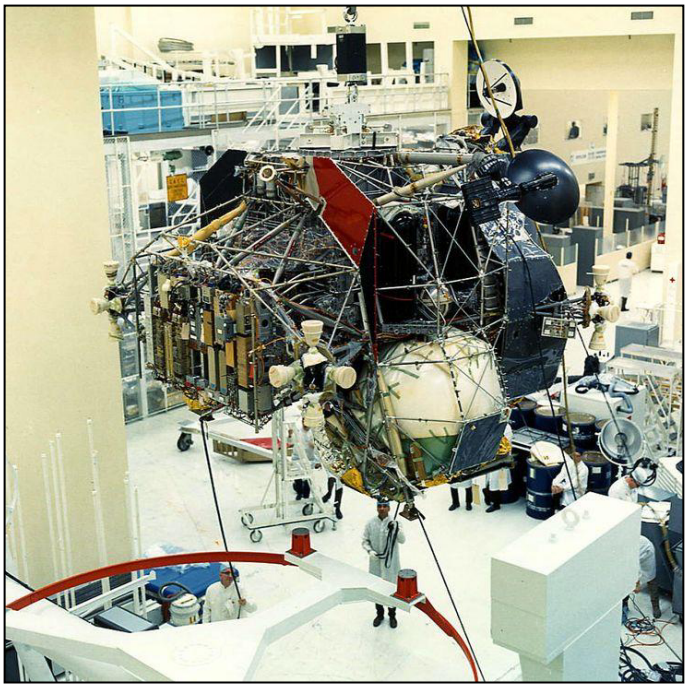


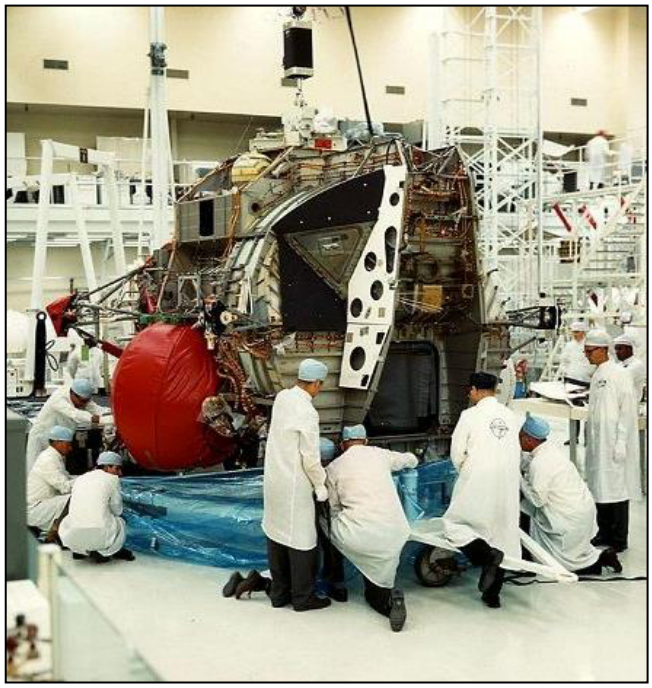




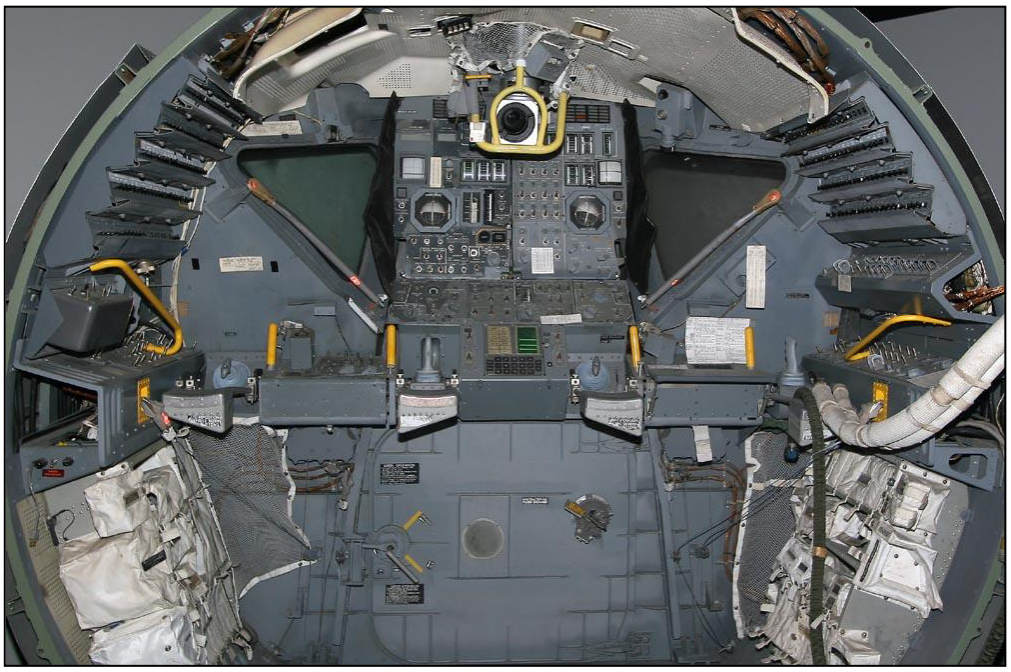


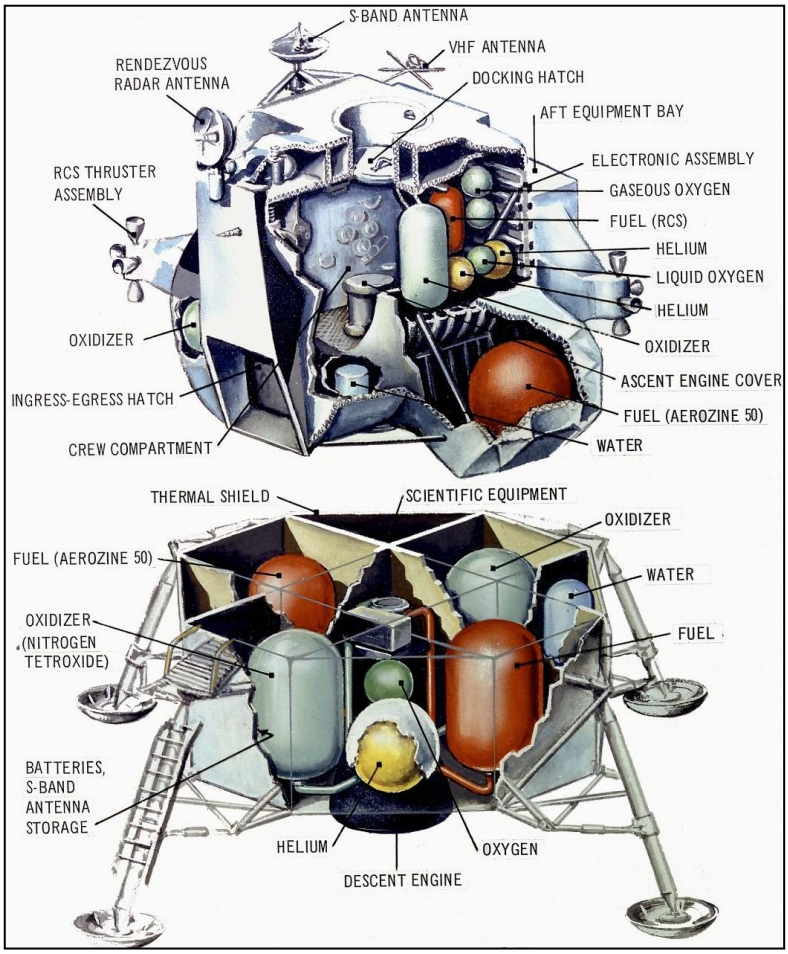
El contrato de construcción del LEM fue adjudicado a Grumman Aircraft Corp., su reputación se basaba en la rendidora serie de pequeños aviones de combate que había construido para la US Navy, aparatos suficientemente sólidos como para resistir el aterrizaje sobre un portaaviones sacudido por las olas, cuyo rendimiento nunca había sido puesto en duda por los pilotos navales que habían subido a ellos.

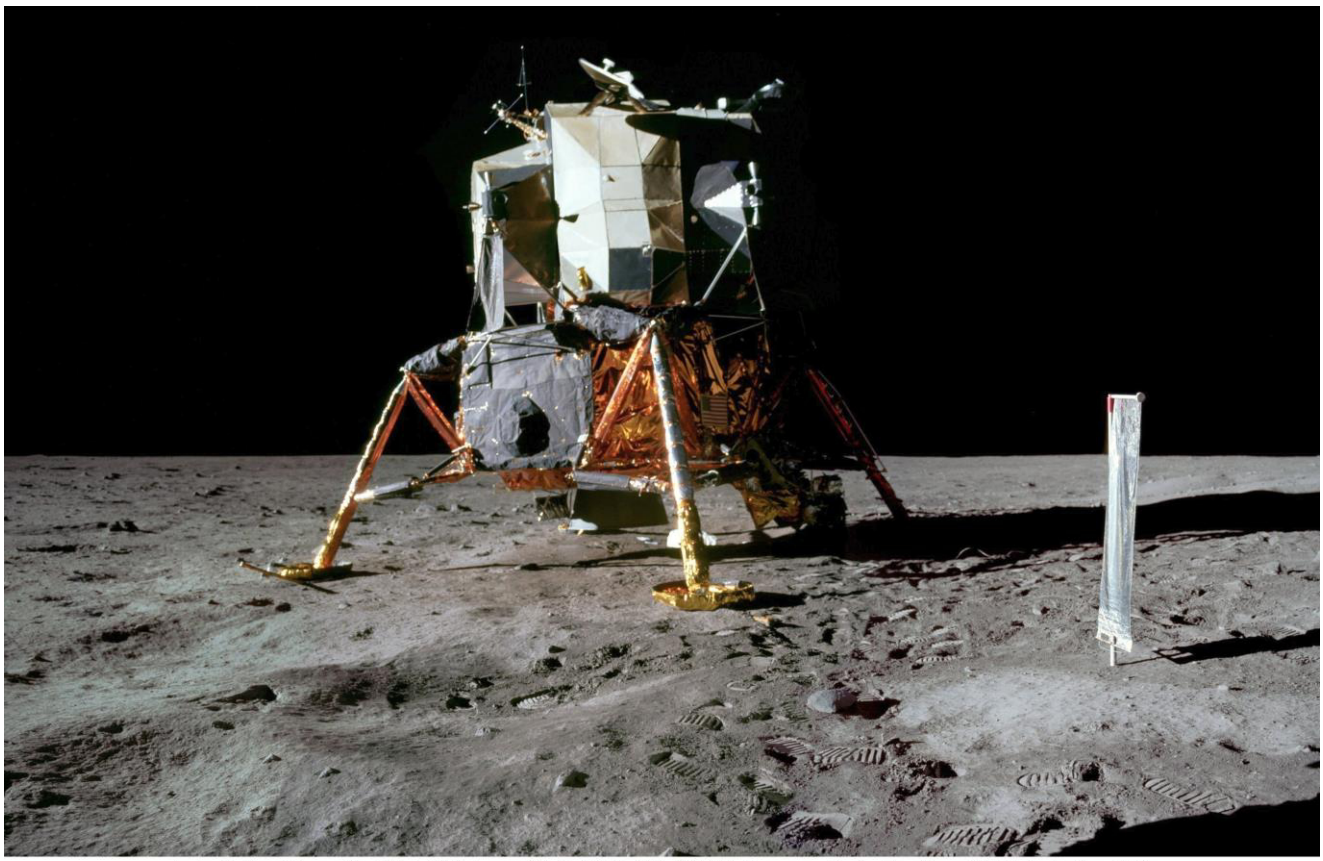




Construido fundamentalmente de terciado calado en una aleación de aluminio, el LEM llevaba un casco bajo presión (conteniendo una cabina a la presión de 0,350 Kg/cm^2), hubo que diseñar cuidadosamente las escotillas de acceso, la disposición de los astronautas, ya que estos llevaban puesta toda su indumentaria espacial permanentemente, se decidió que viajasen de pie, con protectores a la altura de los riñones y podían llevar levantadas las viseras de sus cascos, también se crearon sistemas de control y manejo para las manos enguantadas de los tripulantes, la nave tenía un sistema de estabilización por cohetes, el motor de frenado y el de ascenso, las computadoras de vuelo, los subsistemas, el radar altimétrico, los generadores eléctricos, los equipos de comunicaciones, computadoras de abordo, presentadores de datos e instrumentos y el equipo de actividades en la superficie lunar.



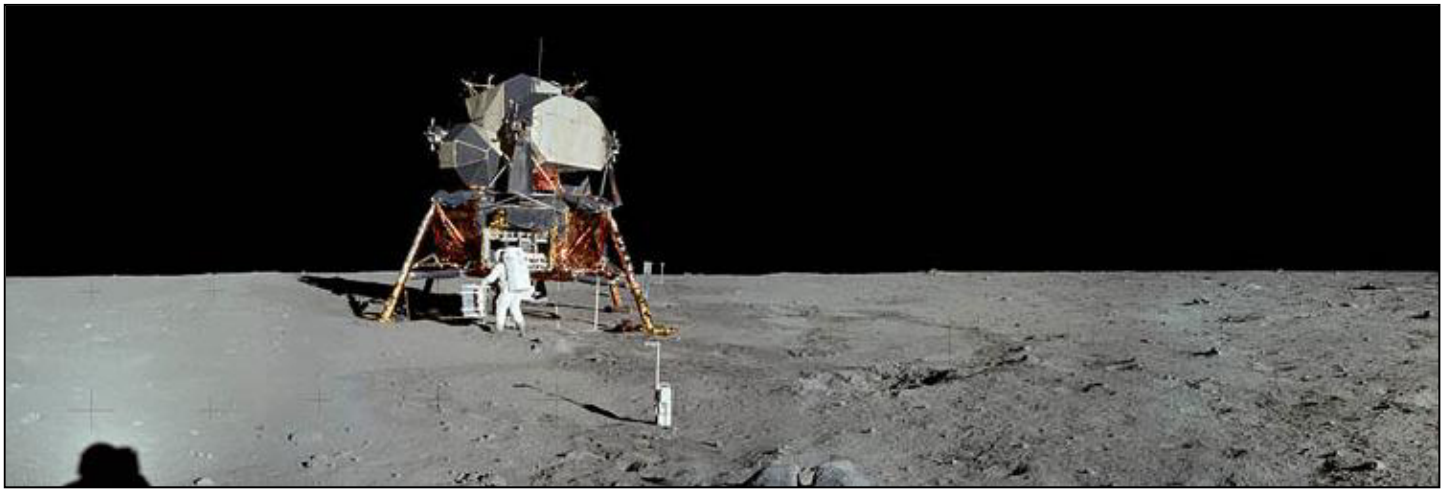


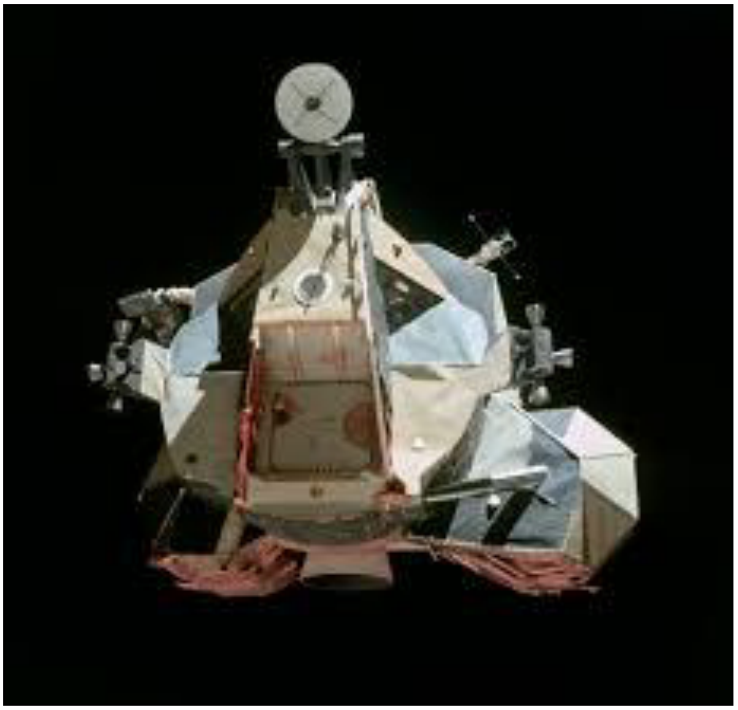


Apollo 11, Sea of Tranquillity, 20 July 1969, frames A11-40-5914 to A11-40-5916 : Panorama of the landing site and LM-5 taken by Buzz Aldrin

Entre las cubiertas de aluminio se encontraban varias capas de películas de mylar, que aislaban térmicamente por reflexión.

El LEM tenía unas medidas de 7 m de altura por 9,45 m de diámetro en su base, la atmósfera de la cabina era de Oxígeno puro, su apariencia abultada se debía al requerimiento primordial de contar con abundante visibilidad para el piloto, que había que guiarlo para su descenso sobre una superficie desconocida.

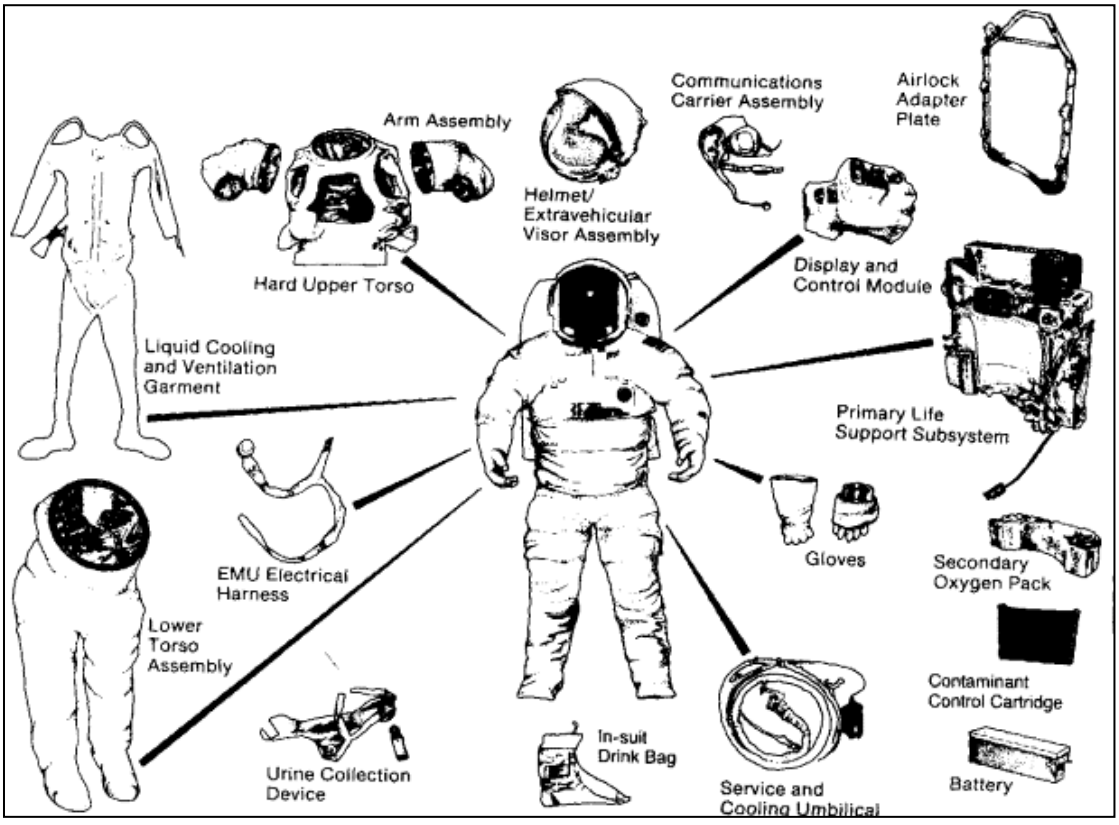




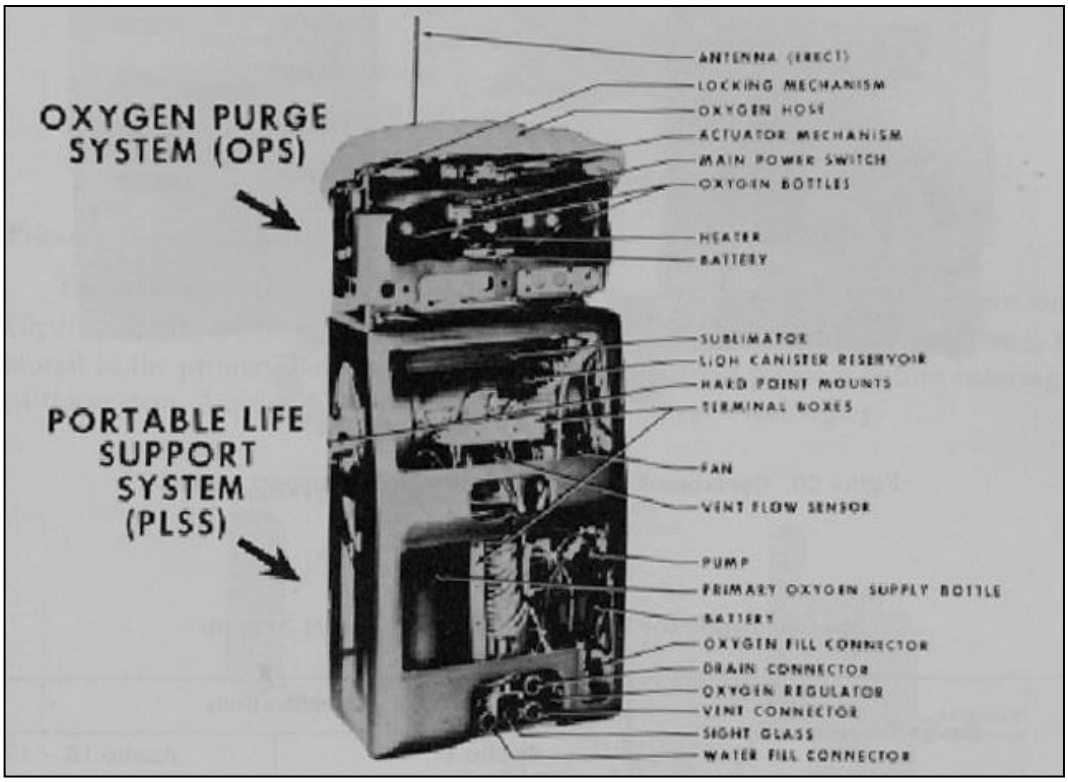
La sólida nave era en realidad mucho más pesada (15 tn) que el Módulo de Comando (5 tn), pero la mayor parte de este correspondía a las grandes cantidades de combustible para el alunizaje y el despegue desde la Luna, después del alunizaje, esta nave estaba a una altura de 6 m sobre sus cuatro patas extendidas. Estas eran lo suficientemente fuertes como para resistir un choque equivalente a una caída de 30 m en el débil campo gravitatorio lunar, almohadillas de material calado y terciado, en las extremidades de las patas y en el interior de los caños telescópicos, ayudarían a absorber parte del golpe, el tamaño de las patas estaban supeditadas a la información adicional que se obtuviera de la consistencia de la superficie lunar, al despegar, el LEM dejaba en la Luna el amplio soporte de la base que contenía el motor para el descenso y los tanques de combustible.

Traje Espacial

Para el traje espacial, primero hubo que resolver un enorme problema, el de la refrigeración del cuerpo, dado que no existía atmósfera o cualquier otro medio de propagación de calor, el astronauta debía contar con un sistema de disipación de la temperatura corporal, cuestión que quedo resuelta con un intercambiador térmico y una serie de tuberías de material sintético recorridas por un liquido refrigerante; para que este material no estuviera en contacto con la piel, el astronauta debía colocarse una especie de malla ligerísima que incorporaba toda la tubería del sistema y sus conexiones con el intercambiador, alojado en la mochila dorsal.

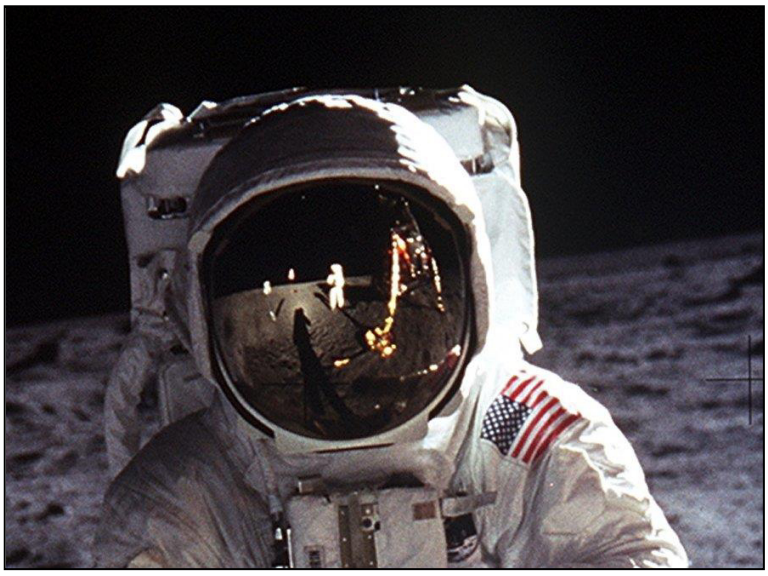


La mochila (Portable Life Support System) alojaría el sistema de suministro de Oxígeno y los depuradores de anhídrido carbónico exhalado, proporcionaría también la regulación de la presión del traje, que impediría que el astronauta sufriese los efectos de la casi total ausencia de presión exterior, también alojaría el sistema de comunicaciones.



El problema de la eliminación del sudor y el vapor de agua de la respiración (peligroso por la posible formación de gotas de agua en el cristal frío del casco y la lógica disminución de la visibilidad) fue superado por un equipo que suministraba un fuerte chorro de aire sobre la visera.

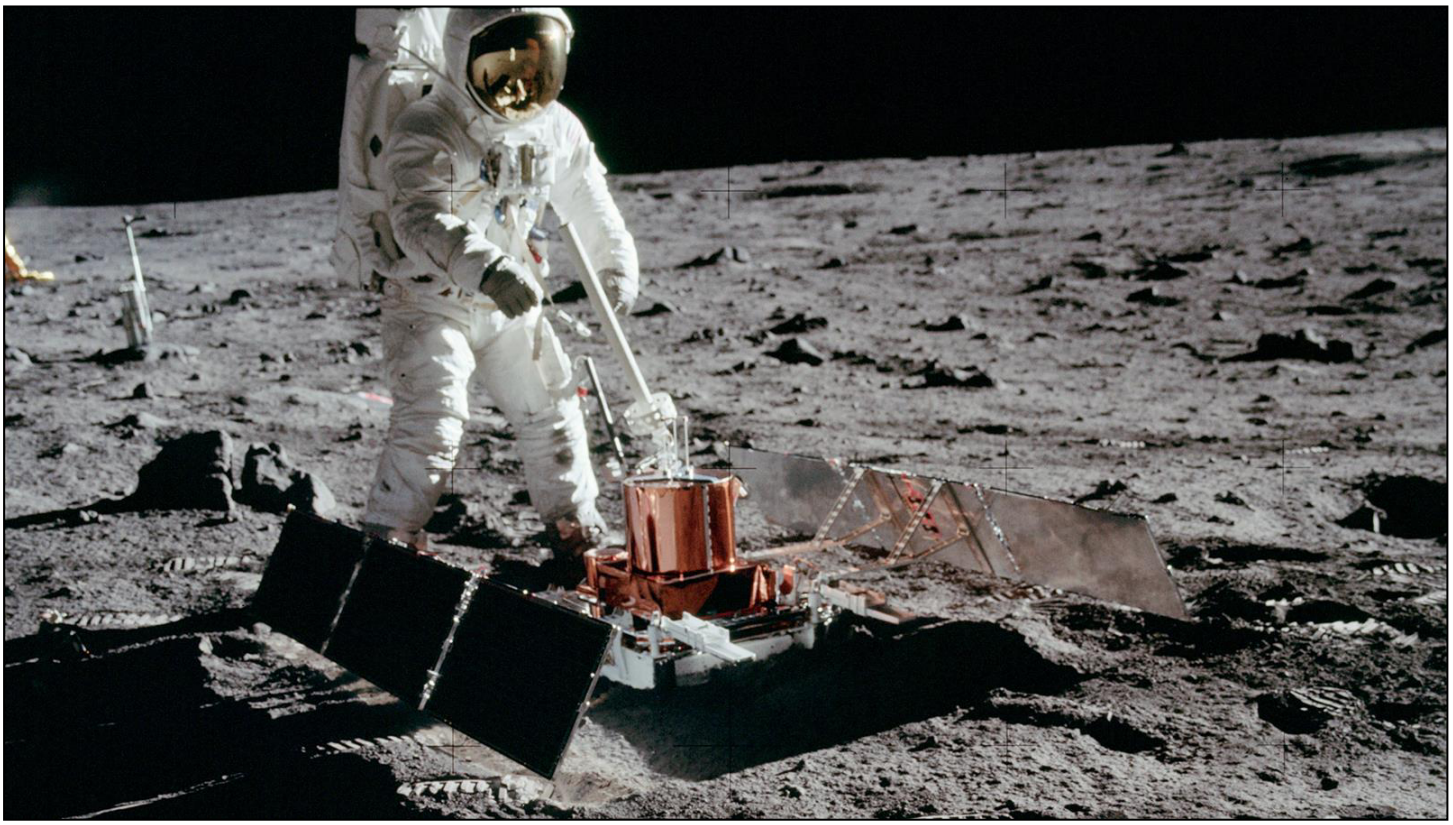
El casco debía no solo ser liviano y transparente, sino que además debía evitar la exposición del rostro y los ojos a los rayos cósmicos y el Sol, esto se consiguió mediante la utilización de la más delgada película de oro que el hombre ha fabricado, la protección antirradiación se logró con tejidos especiales sintéticos y aluminizados.



Para los problemas de la movilidad, se estudiaron detenidamente las viejas armaduras de los caballeros medievales, verdaderos prodigios tecnológico-artesanales, y como ellas, se hicieron a medida, anatómicamente adaptados a las particularidades de cada astronauta, lo mismo se hizo con los guantes y las botas.

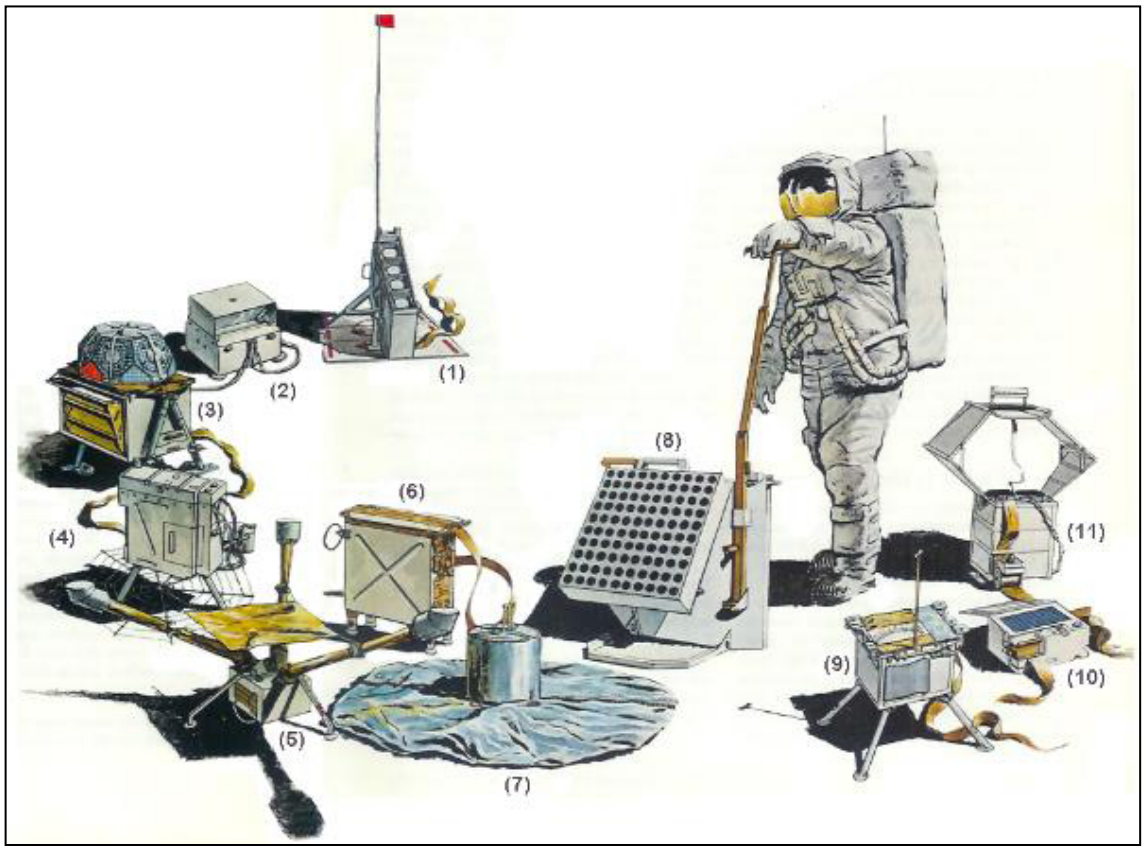
En el caso de las botas, había que añadirle unas pesadas suelas que actuasen como contrapesos facilitando el desplazamiento sobre la superficie y amortiguasen los efectos de la débil gravedad, también hubo que pensar en cosas como la eliminación de residuos corporales, sólidos o líquidos, con fundas o bolsillos que contenían sustancias químicas que eliminaban tales problemas, el traje en la Tierra pesaba 80 Kg, en la Luna pesaba 13,3 Kg.

Instrumentos Científicos

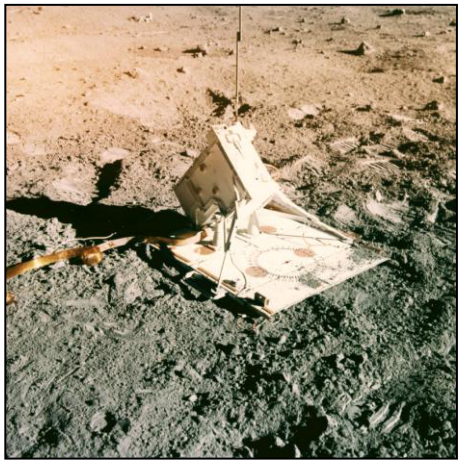


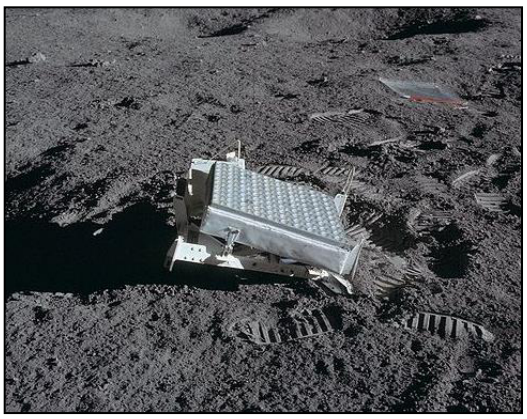
Debido a los trajes espaciales que llevaban y a los guantes tan grandes, fue preciso diseñar el instrumental no solo desde el punto de vista científico, sino que también desde el punto de vista del manejo de estos, estas limitaciones implicaban además el diseño de una serie de herramientas auxiliares que les ayudasen en las tareas de su montaje y desmontaje sobre la superficie lunar, la altura minima en que los astronautas podían tomar el instrumental era de 70 cm, también había que tener en cuenta que estos equipos debían ser transportados hasta la Luna dentro del LEM, por lo que debían ser muy livianos, facilitando así también su traslado por los astronautas.

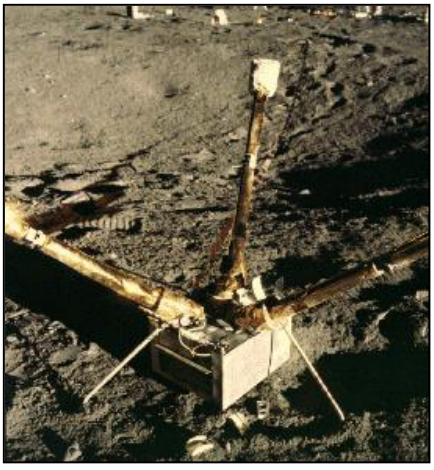
Se diseñaron un Sismógrafo, para detectar posibles movimientos del terreno lunar, un Detector-Registro de Partículas, sería desplegado para luego ser recogido por los propios astronautas al terminar sus trabajos, un Retrorreflector de Rayos Láser, permitiendo de esta manera tomar diversas mediciones geodésicas, como la estancia exacta entre la Luna y la Tierra., distintas antenas portátiles para mejorar las condiciones de emisión y recepción desde la superficie selenita, contenedores y herramientas para la extracción de muestras geológicas y su traslado.



ALSEP: 1- Paquete de ensamble mortero, 2- Experimento electrónico de flujo de calor, 3- Espectrómetro de viento solar, 4- Detector iónico, 5- Magnetómetro superficie lunar, 6- Experimento de medioambiente cargado de partículas lunares, 7- Experimento sísmico pasivo, 8- Retrorreflector láser, 9- Experimento de eyecciones lunares y micrometeoritos, 10- Experimento de composición atmosférica, 11- Gravímetro de superficie lunar.

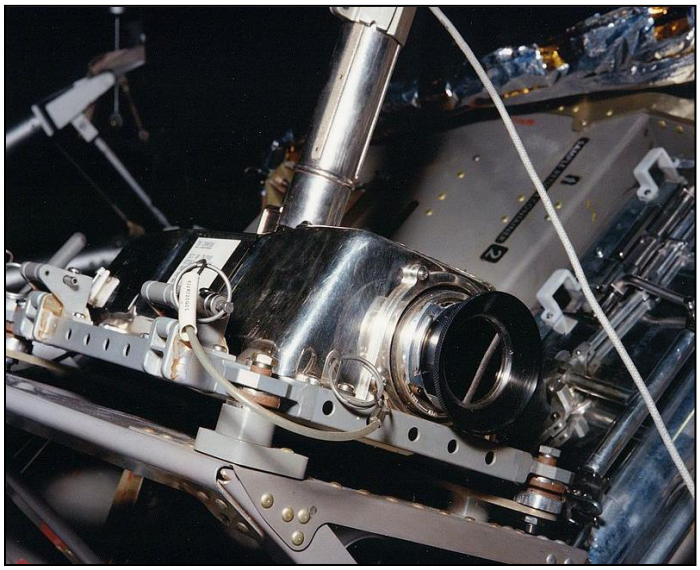






Cámaras utilizadas durante el vuelo, alunizaje y actividades lunares

Cámara de cine Maurer de16mm (Data Acquisition Camera) (foto abajo), se trata de la única cámara de cine que llevaban, era capaz de filmar a 6, 12 y 24 fotogramas por segundo, además de poder tomar imágenes fijas. Estaba preparada para ser anclada a diversas partes del Módulo Lunar o bien ser utilizada manualmente.

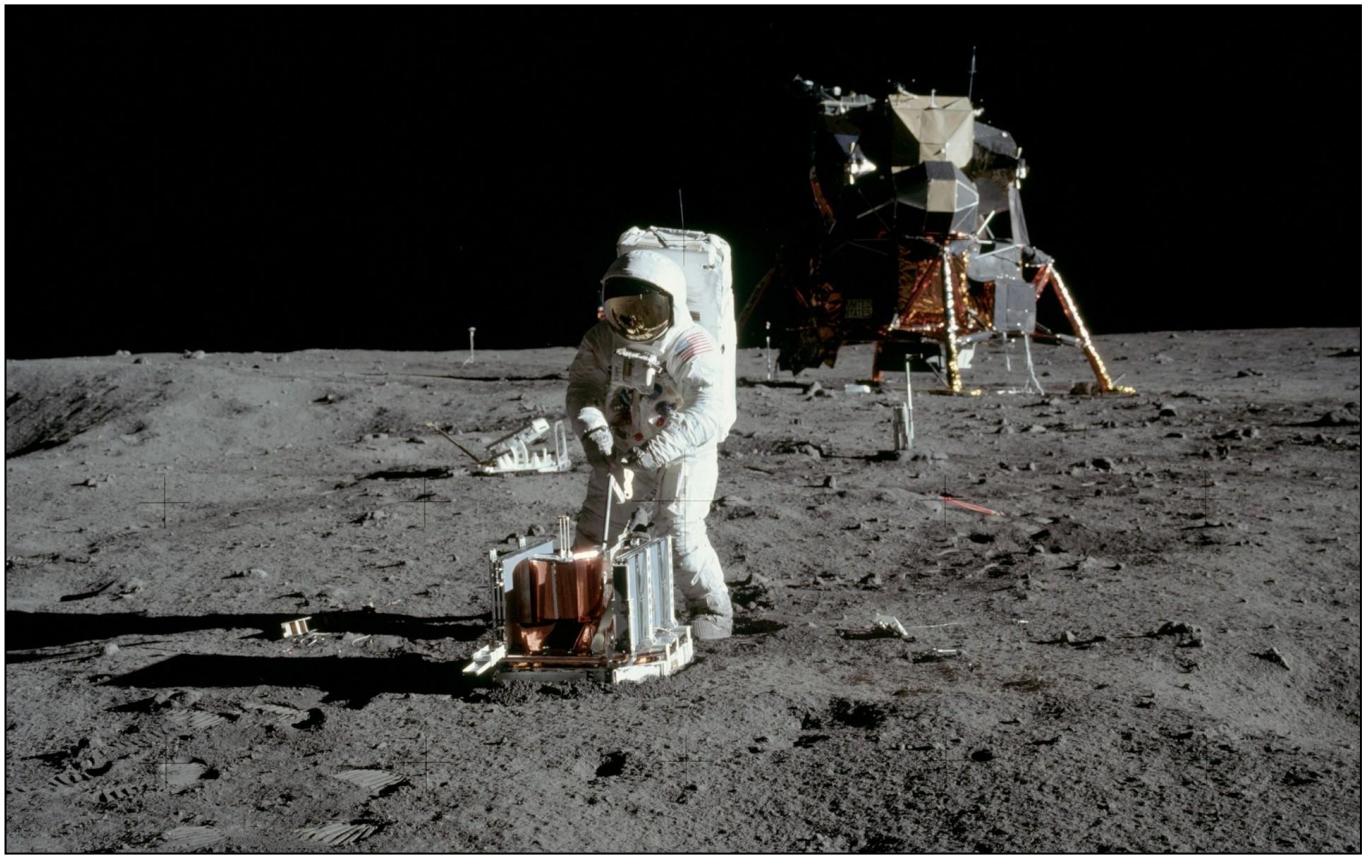


Cámara de televisión en blanco y negro Westinghouse Apollo Lunar Television Camera, (foto arriba izq.), de 28x15x8 cm, iba montada en el exterior del módulo en una de sus patas. Junto a ella dos objetivos: un gran angular y otro para tomas del día lunar, las imágenes que todos conocemos del momento histórico fueron transmitidas a la tierra a través de esta cámara, luego fue colocada en un trípode a cierta distancia para seguir retransmitiendo imágenes en directo de los astronautas.

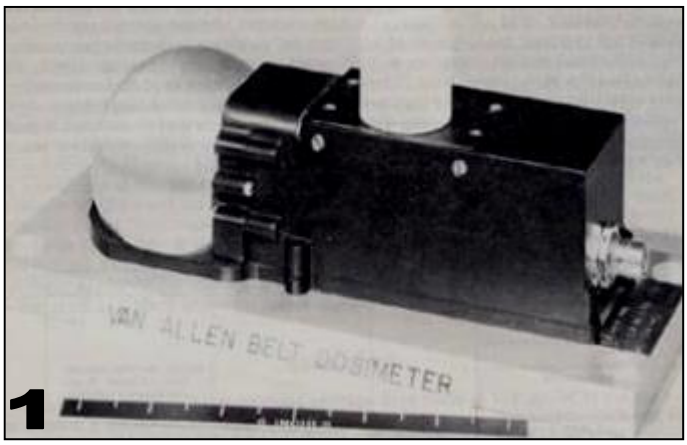
Cámara fotográfica Hasselblad 70 mm EDC (foto arriba derecha), con esta cámara se tomaron las fotos de la superficie lunar, del módulo posado y de diversos detalles geológicos, es una modificación que la compañía Hasselblad hizo del modelo comercial 500 EL, utilizaba chasis de película de 70 mm, carecían de visor, por lo que los astronautas debían fotografíar a ojo y necesitaron gran entrenamiento para obtener unos buenos resultados.

Cámara fotográfica estereoscópica ALSEP (Apollo Lunar Surface Close-up Camera) destinada a tomar fotos en relieve de la superficie lunar para ser estudiadas posteriormente.

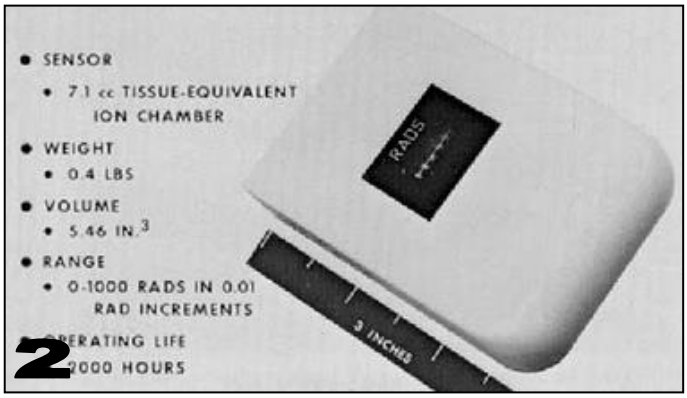
Se diseño una placa recuerdo que fue colocada sobre una de las patas del LEM cuyo texto decía:*"Los Seres del Planeta Tierra pusieron sus pies por primera vez en la Luna en Julio de 1969 D. de J.C. vinimos en Paz en nombre de Toda la Humanidad"* y una pequeña bolsa donde los astronautas dejaron recuerdos en la superficie lunar, estos eran una réplica de una rama de olivo en oro, como símbolo de paz, medallas soviéticas de los astronautas Komarov y Gagarín, un disco de silicona que contenía los deseos de presidentes Eisenhower, Kennedy, Johnson y Nixon, mensajes de líderes de mas de 70 países y una lista con nombres de personalidades de la NASA y el gobierno norteamericano, un pin con diamantes de Deke Slayton y un parche con la insignia de la desafortunada misión Apollo-1, también fue llevada una bandera semirrígida de Estados Unidos, todo el conjunto de equipos para experimentos científicos en la superficie lunar recibiría el nombre de ALSEP.



Radiación en el espacio

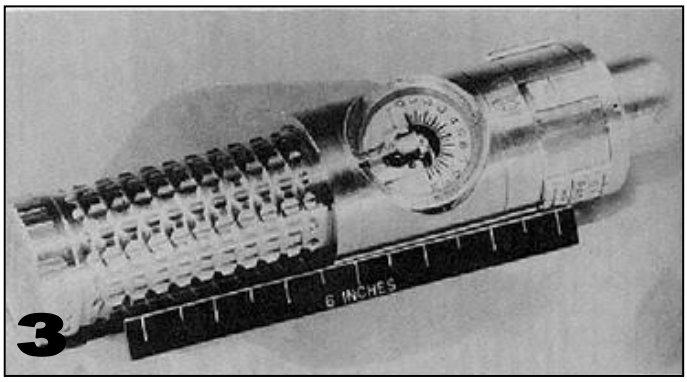


Siempre y cuando el tiempo de exposición no sea muy elevada, las condiciones de radiación en el espacio interplanetario no son especialmente elevadas comparadas con las dosis recibidas en órbita baja, salvo por dos excepciones: los cinturones de radiación Van Allen y las tormentas solares; en el caso de los primeros, las misiones Apollo atravesaban estas zonas muy rápidamente, en cuestión de pocas horas (30 minutos para el cinturón interior de protones, el más peligroso) por lo que la dosis absorbida era mínima.

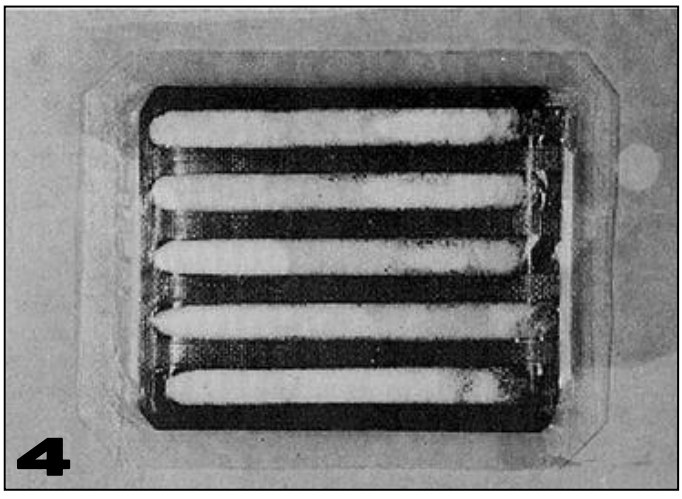


Con respecto a las tormentas solares, durante el transcurso de las misiones lunares no se produjo ninguna erupción solar significativa

Para medir la radiación, Apollo-11 (al igual que las demás misiones que visitaron la Luna) incorporaban varios dosímetros y sensores, cada nave llevaba un instrumento específico para medir la radiación, el denominado instrumento VABD (Van Allen Belt Dosimeter) (Foto-1).



Además, cada astronauta portaba un dosímetro personal (PRD) (Foto-2) con el fin de medir la dosis acumulada, este aparato era transportado en los bolsillos de los trajes de vuelo y disponía de una pequeña pantalla que mostraba la dosis acumulada en un momento dado y, cada 12 hrs, los astronautas debían registrar y comunicar a Houston la lectura de las dosis.

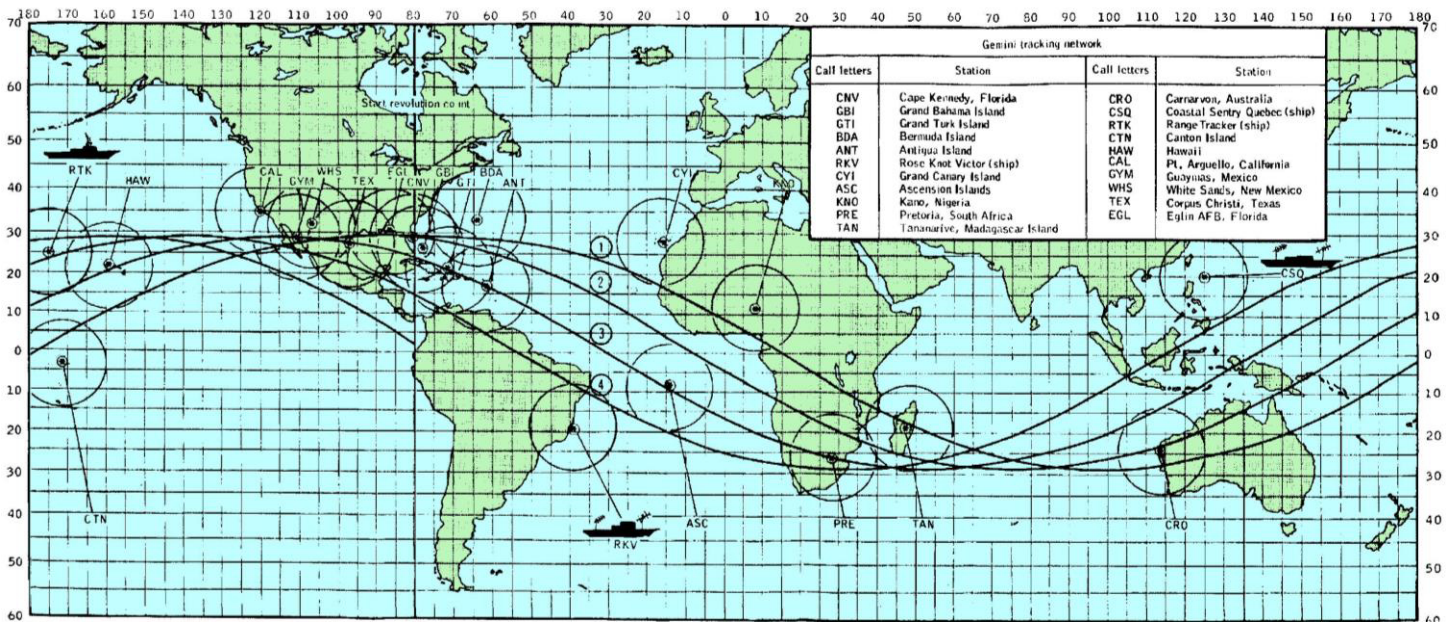


También los astronautas llevaban tres dosímetros pasivos repartidos por distintas zonas de la ropa (pecho, tobillo y muslo) para ser analizados después del vuelo, la tripulación también llevaba a su disposición un medidor de radiación portátil (RSM) (Foto-3 y 4) que era usado regularmente para comprobar los niveles de radiación en distintas zonas de la nave.

Centros de Recepción de Datos

La misión Apollo-11 no hubiera sido posible sin la ayuda del NSFN (Red de Seguimiento de Vuelos Tripulados), esta red utilizaba estaciones terrenas alrededor del planeta, como también equipos a bordo de barcos y aviones, los elementos principales eran las antenas de 26 m de las estaciones terrenas ubicadas en Madrid, España; Goldstone, Estados Unidos y Honeysuckle Creek, Australia, transmitiendo en un ancho de banda de 48 Kb y utilizando los satélites Intelsat, se complementaban con sus gemelas del DSN (Red de Espacio Profundo) que también contaba con antenas de 26 m de diámetro y actuarían como reserva y sus antenas de 64 m fueron utilizadas para operaciones extravehiculares y seguimiento de alunizajes.

El resto de la red estaba compuesta por antenas de 9 m con capacidad de banda S, HF o UHF y radar en banda X y C distribuidas en lugares como Merritt Island, Bermuda, Corpus Christi, Islas Canarias (España), Newfoundland (Canadá), Antigua, Centro Espacial Wallops, Centro Espacial Kennedy y Balcarce (Argentina), algunas de estas antenas se utilizaron como sistema de seguridad durante el lanzamiento, para asegurar que una falla en el cohete no afectara a la población abortando o destruyendo el vehículo que volara fuera de su trayectoria y pusiera en peligro a la población, algunas estuvieron relacionadas con operaciones orbitales y reentradas como Guam, Islas Ascensión, Isla Gran Bahama, Kauai (Hawaii).



También existían barcos de instrumentación Apollo (AIS) estos fueron los Mercury, Vanguard y Redstone equipados con antenas de 9 m y diversos equipos de radio, se complementaba con el Hunstville, que principalmente era un buque de seguimiento de misiles.

Se agregarían al seguimiento espacial 4 aviones del tipo C-135N ARIA que fueron modificados para adosarle una antena radárica especial de 2 m de diámetro en su nariz.

Viaje y Alunizaje

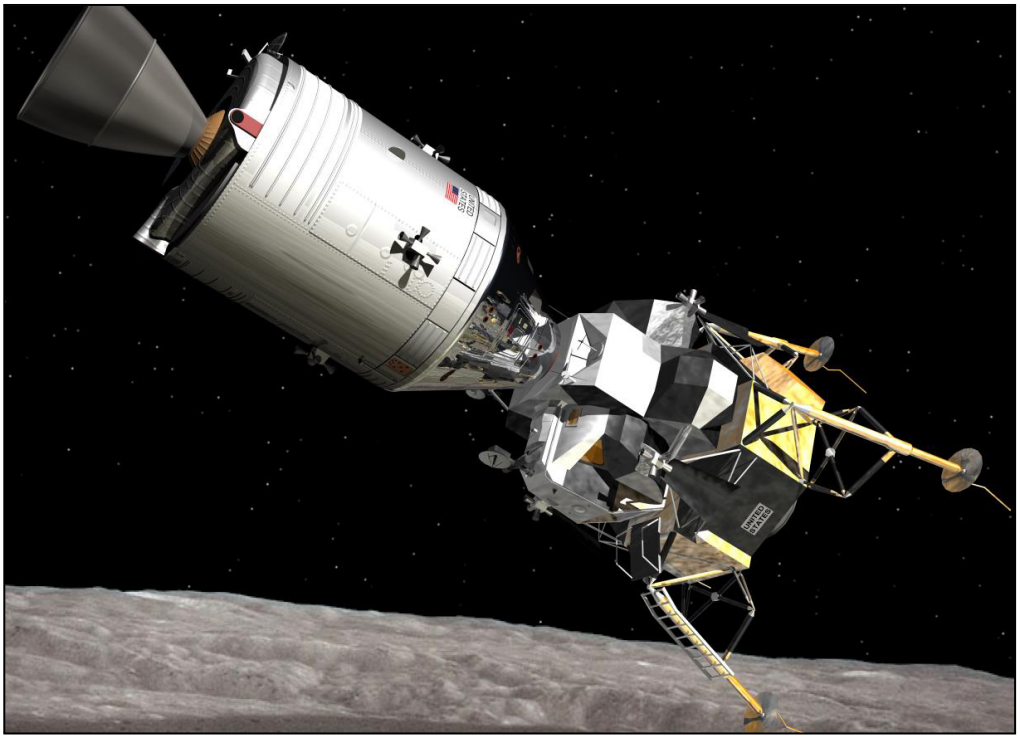
El 16-07-1969 finalizaba la cuenta atrás que se había iniciado el día 10, aunque sufriera diversas interrupciones durante este tiempo, a la mañana, los astronautas, enfundados en sus trajes espaciales subían al vehículo que los trasladaría desde su lugar de alojamiento, hasta la torre de lanzamiento 39-A de Cabo Kennedy, poco después entraban en el ascensor que les conduciría a la cima del Saturn-V para ocupar sus puestos en el Módulo de Comando, mientras los equipos de mantenimiento terminaban de cargar los propergoles de las tres fases del cohete.

Las operaciones concernientes a los últimos minutos de la cuenta atrás se hallaban bajo el control de los sistemas automáticos y la intervención de los astronautas en su realización era prácticamente nula, diez segundos antes del lanzamiento los motores de la primera fase se pusieron en funcionamiento quemando combustible a razón de 15 tn/seg y ejerciendo un empuje total de 3400 tn, que permitió elevarse del suelo a la enorme masa del cohete portador junto a la nave, con un peso cercano a las 3000 tn.

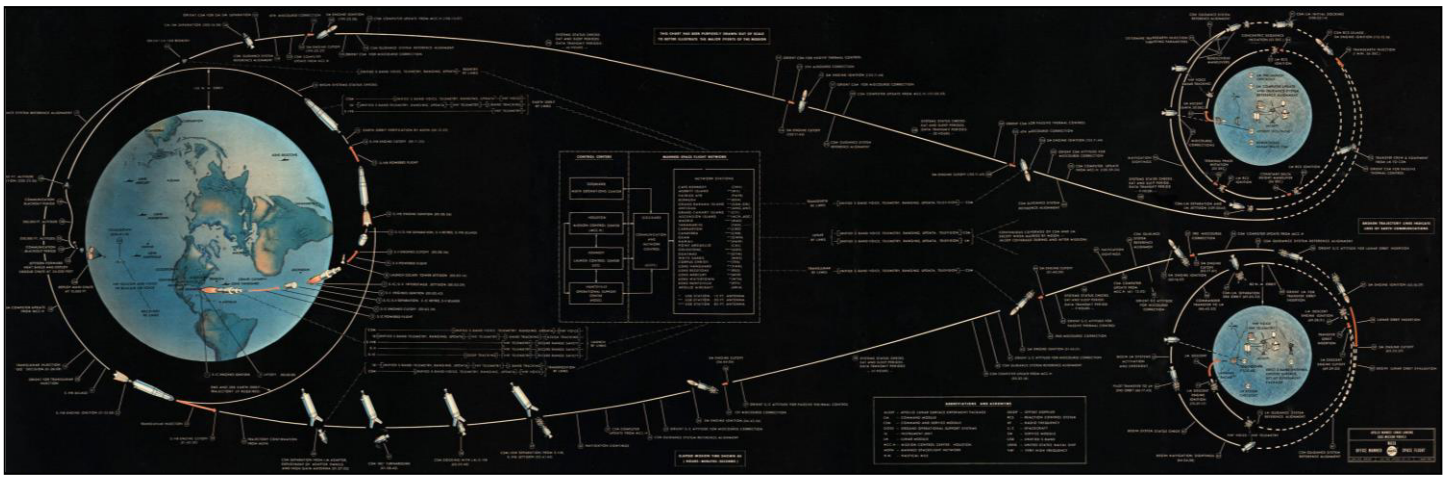
El estruendo de los motores se extendió por los terrenos próximos al lugar de lanzamiento haciendo vibrar los edificios cercanos y ensordeciendo a la multitud que estaba a aproximadamente a 5 Km de distancia, maravillada de contemplar semejante espectáculo, al mismo tiempo millones de personas contemplaban el acontecimiento desde pantallas de TV, ya que fue transmitido en directo a 33 países de los cinco continentes.

Las cámaras mantuvieron enfocado al cohete a medida que se alejaba de la Tierra a velocidad creciente, hasta que se produjo el desprendimiento de la primera etapa, con el correspondiente encendido de la segunda

A los 12 minutos del lanzamiento, luego de agotada la segunda etapa, el vehículo quedaba en la órbita de espera a unos 184 Km de altitud hasta que el Centro de Control Houston le diera la señal definitiva, dicha orden fue recibida durante la segunda órbita terrestre, cuando el Complejo Apollo estaba sobre Australia, al momento entro en ignición el cohete de la tercera etapa, llegando a una aceleración que le permitiría alcanzar la velocidad de escape suficiente para vencer la gravedad terrestre, media hora mas tarde, el Apollo-11 se separó de la fase impulsora y efectuando un giro sobre si mismo de 180º quedó situado frente al compartimento donde estaba alojado el LEM procediendo a su acoplamiento con el mismo, en ese momento quedaba completada la nave espacial, con el Módulo de Comando Columbia por un extremo, unido al LEM Eagle, y este al Módulo de Servicio, cuyo potente motor dependería del éxito de todas las maniobras de entrada a la órbita lunar y el posterior regreso a la Tierra.

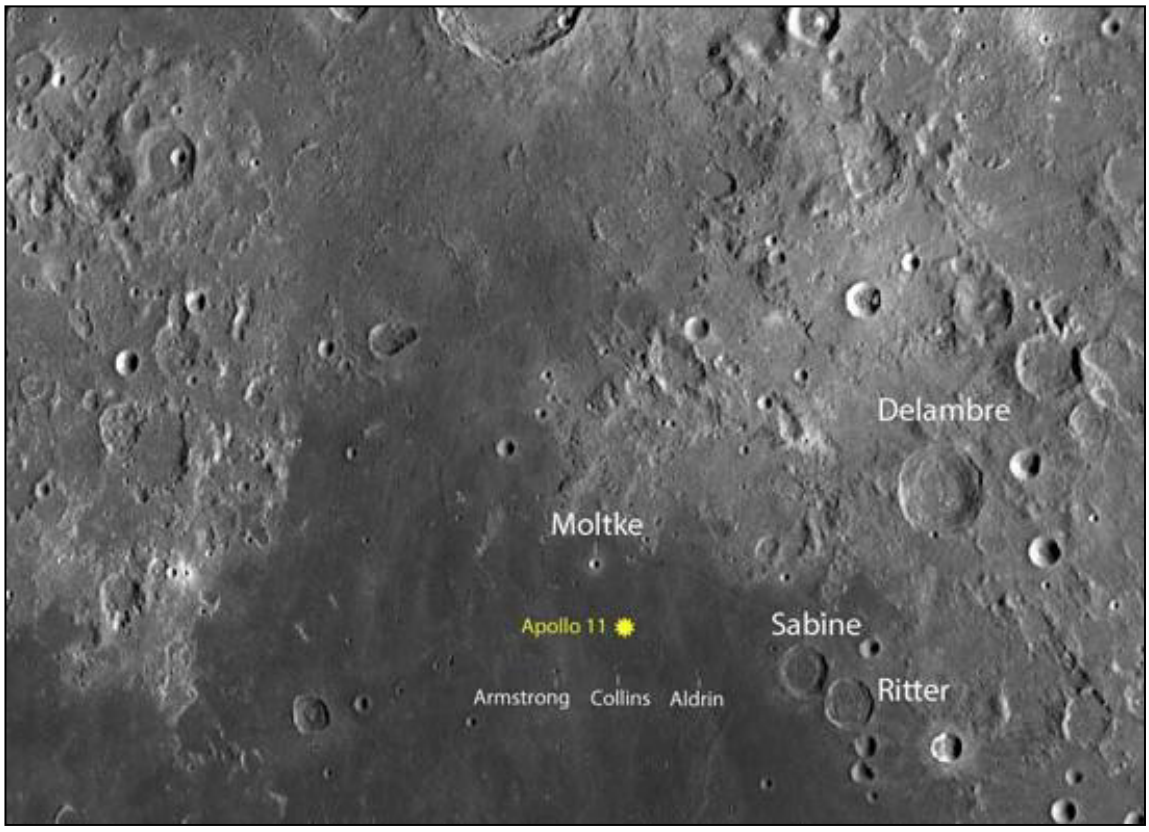


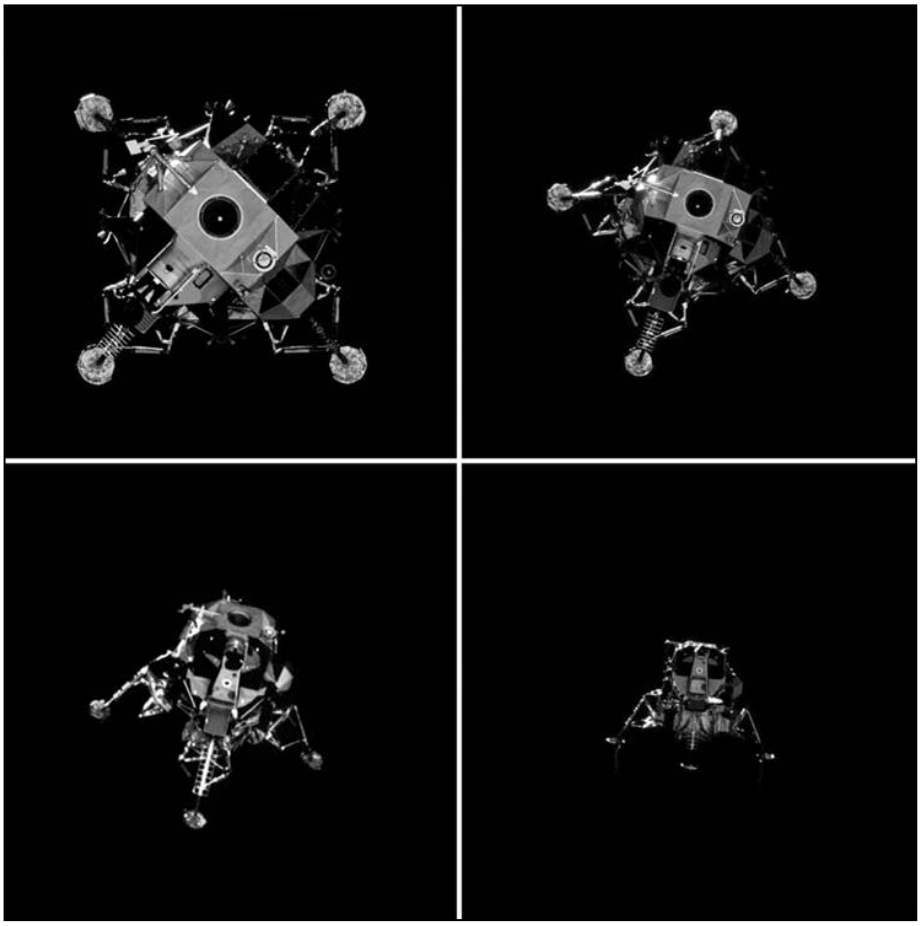
El viaje al satélite duraría 73 hrs, y si todo marchaba como estaba previsto apenas serían necesarias algunas correcciones en su trayectoria, los tres astronautas podían tomarse un descanso de 9 hrs y reponer sus fuerzas para las críticas tareas que les aguardaban cuando se encontrasen en el ámbito lunar.



El segundo día Armstrong y Aldrin se dedicaron a la inspección del Módulo Lunar, permaneciendo en él 1:30 hrs para hacer una revisión completa de todo el instrumental de abordo, luego transmitieron a Tierra un programa de TV ofreciendo el magnifico espectáculo de la luna y nuestro planeta desde una zona intermedia del espacio.

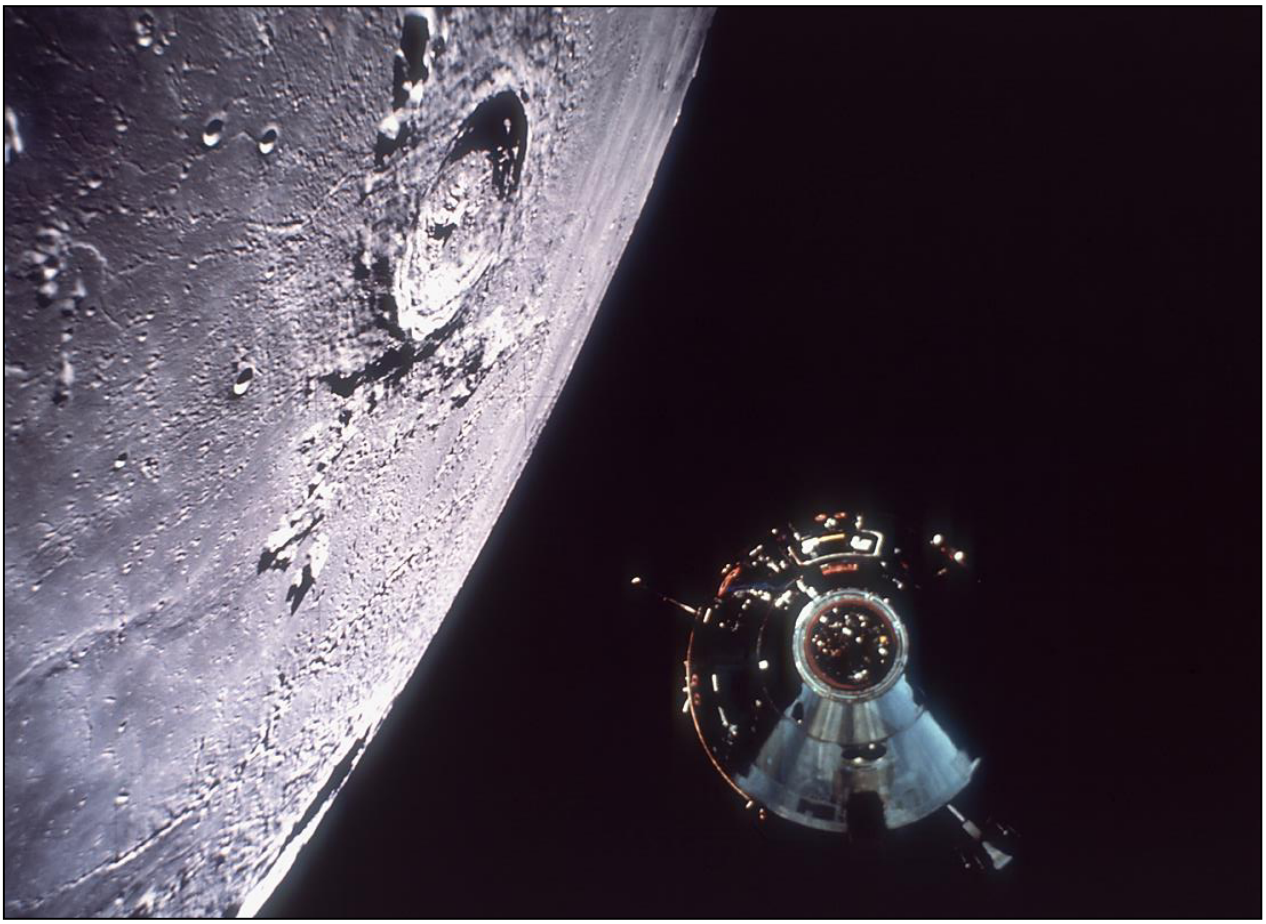
El 19 de julio, la nave espacial se encontraba rodeando la cara oculta del satélite, hasta allí el vuelo había sido perfecto, sin haber necesitado consumir combustible para efectuar correcciones en la trayectoria, ahora darían comienzo las criticas maniobras del cambio de rumbo para situarse en órbita lunar, todo se produjo como estaba previsto y cuando se reestableció el contacto con el Centro de Control Houston la nave estaba en una órbita elíptica de 310x112 Km de altitud, una nueva retransmisión de TV tuvo lugar con imágenes del Cráter Aristarco y del punto elegido para el alunizaje en la zona del Mar de la Tranquilidad.



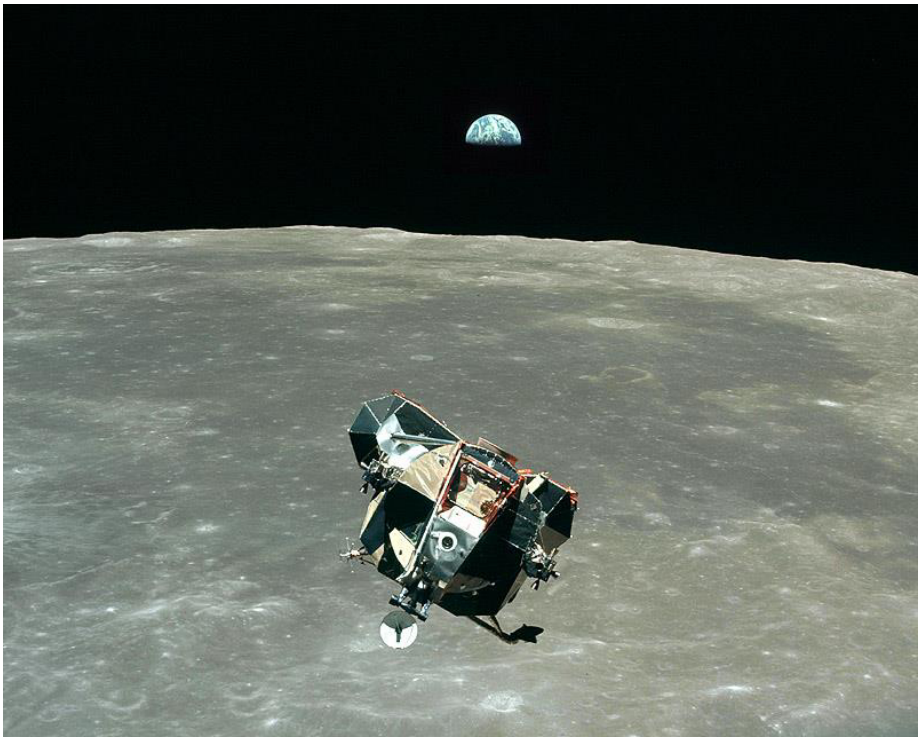


Con un nuevo encendido de los cohetes del Módulo de Servicio se llevó al Apollo-11 entre los 121 y 100 Km de altura, iniciándose los preparativos finales para el descenso que tendrían lugar al día siguiente; tras una noche entera de descanso, los tres hombres fueron despertados por el Centro Houston y Aldrin como Armstrong se dirigieron a ocupar sus puestos en el LEM aguardando instrucciones para dar lugar al descenso.

La maniobra de separación de las dos naves tuvo lugar mientras sobrevolaban la parte oculta del satélite y estando fuera de contacto con las estaciones de seguimiento, una vez efectuada la separación, el LEM describió una lenta maniobra de giro, con sus patas extendidas, con el fin de que Collins, desde el Módulo de Comando, pudiera comprobar si todos los dispositivos exteriores del aparato se encontraban en las condiciones adecuadas para el alunizaje.

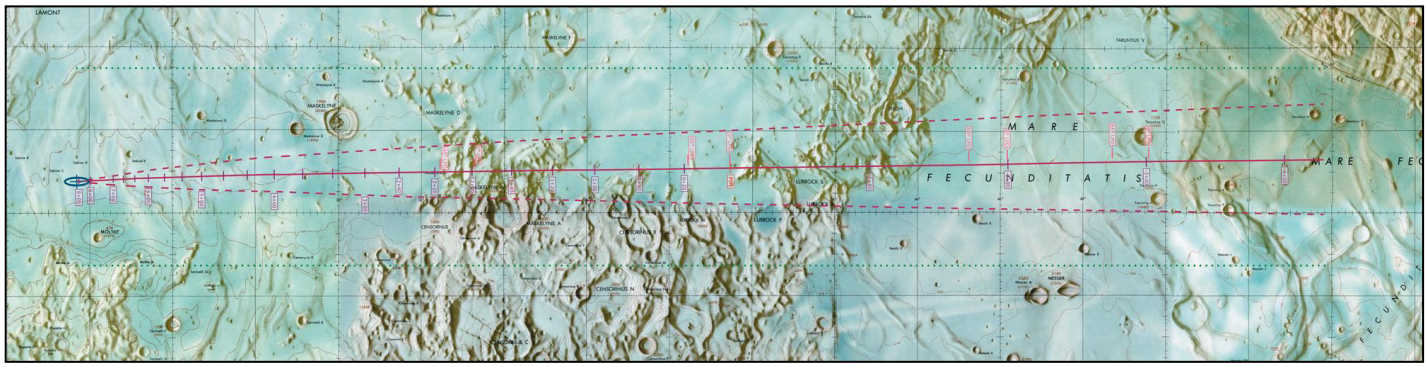


Un sistema automático produjo el encendido del motor del LEM durante medio minuto, transfiriendo al vehículo a la órbita que lo situaría a 15 Km sobre la superficie, en este punto el comandante de la nave todavía estaba a tiempo de cancelar la misión si lo consideraba necesario por el caso si hubiera algún desperfecto y podía dejar que la trayectoria los llevase a un nuevo encuentro con el CSM, pero la decisión ya estaba tomada y Armstrong no vaciló en apretar el botón que activaba la secuencia de operaciones automáticas para llevar la nave al suelo lunar.



A los 4 minutos de encendido el motor de descenso, el Eagle se aproximaba a la superficie a una velocidad de 90 Km/h, durante el trayecto, Armstrong comunicó al Centro Houston algunos desperfectos en las luces de control, algo parecía no funcionar correctamente, sin embargo, luego de verificar, desde Tierra le informaron que no había peligro, a medida que la nave se acercaba a la superficie, siguiendo un arco descendente, su ángulo de incidencia se fue enderezando progresivamente hasta encontrarse prácticamente en sentido vertical a los 230 m del suelo y descendiendo a 6 Km/h.

Cuando se encontraba a poco mas de 60 m de la superficie, Armstrong descubrió que el lugar de alunizaje se encontraba sembrado de rocas, solo había un medio para evitar el desastre, desconectó los sistema automático y empuñó los mandos para hacer que el LEM se desplazase lateralmente alejándose del lugar y buscando otro punto mas despejado, el combustible del LEM era limitado, por lo que no estaba previsto un recorrido de esas características, desde Houston les advirtieron que solo tenían 30 seg. de combustible, pero para ese momento ya se había encontrado el terreno adecuado y la nave estaba descendiendo sobre un lugar despejado de rocas.

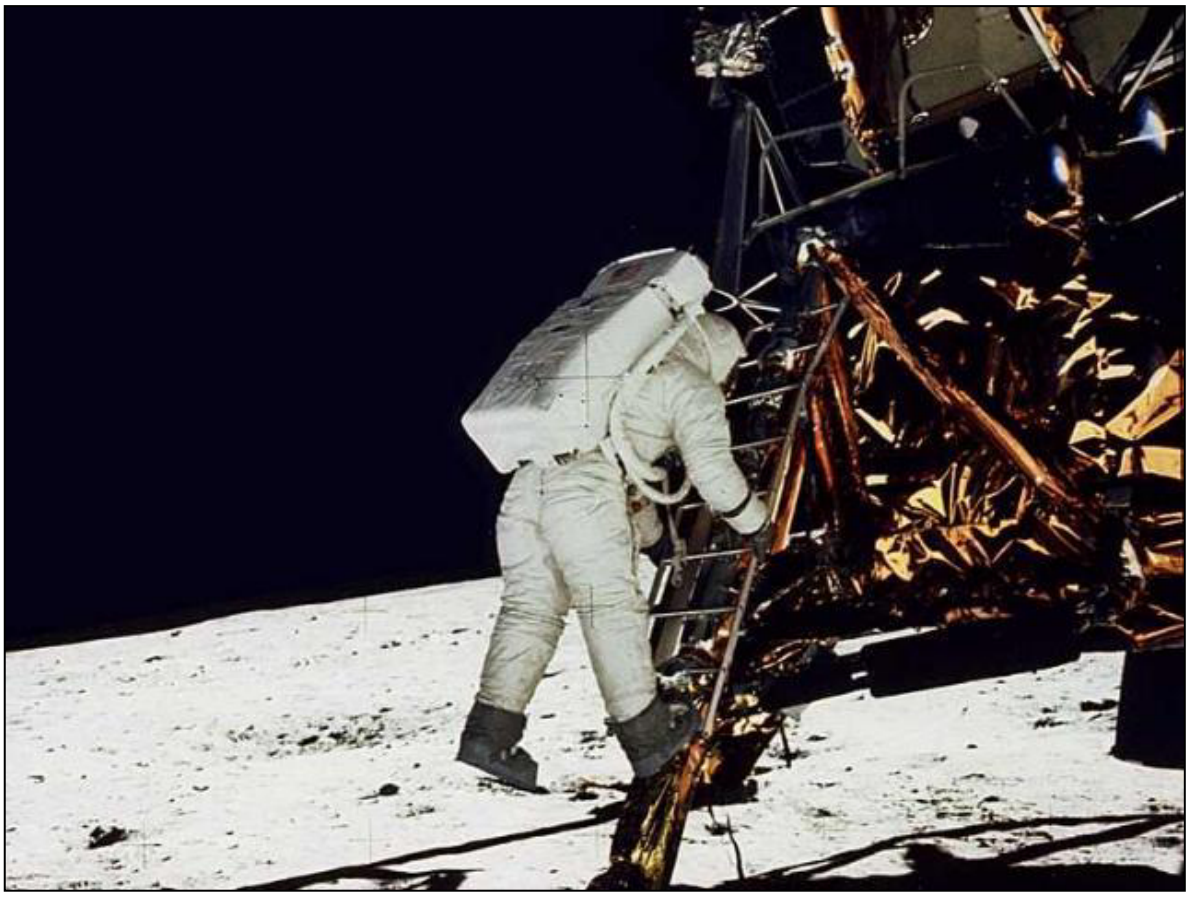


Poco después la voz llegaba a través del espacio hasta los altavoces del Centro Houston *"Houston, Base Tranquilidad, El Águila ha Alunizado!!"*.

El contacto con la superficie lunar había sido bastante bueno, el eje del LEM formaba un ángulo de 4º con la vertical, lo que podía considerarse como excelente, ya que estaba previsto para poder soportar hasta inclinaciones de hasta 30º sin perder el equilibrio.

El punto de alunizaje se hallaba a 180 Km al SO del Cráter Maskelyne, un lugar situado un poco por debajo del centro de la cara visible de la Luna, la descripción del panorama por el propio Armstrong a través de las ventanas era de *"una meseta llena de cráteres..., todo tiene un color gris, como la arena de una playa, se ven también bastantes rocas, algunas de regular tamaño y de colores muy variados"*, luego vino un descanso para los dos tripulantes y después un período de preparación para el despegue inmediato por si algún acontecimiento imprevisto obligaba a salir de la Luna lo mas rápido posible, llegó el momento culminante en que Armstrong bajo de la escalerilla hasta la superficie expresando en ese momento"*Este es un pequeño paso para un hombre, pero un salto gigantesco para la Humanidad",* este paso fue un 20-07-1969

Aldrin bajó a la superficie 20 minutos mas tarde, dejando la escotilla de la nave entreabierta (por el motivo de que al cerrarla el MEL se presurizaría y no se podría abrir) ya desde la superficie y observando alrededor expresaba su admiración sobre el Mar de la Tranquilidad como una *"magnifica desolación",* su primera operación consistió en tomar unas muestras del polvo lunar y colocarlas en el bolsillo del traje espacial, luego plantaron la bandera norteamericana, manteniéndola rígida mediante varillas metálicas, ya que la ausencia de viento impedía que se mantuviera extendida.

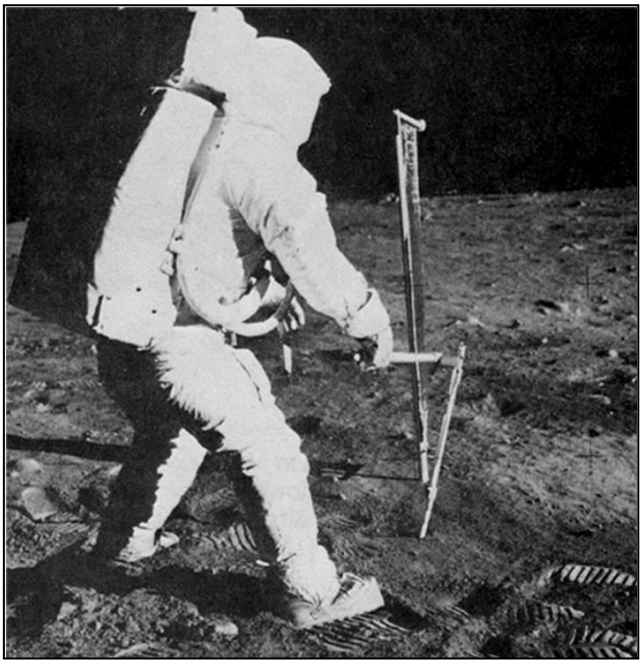


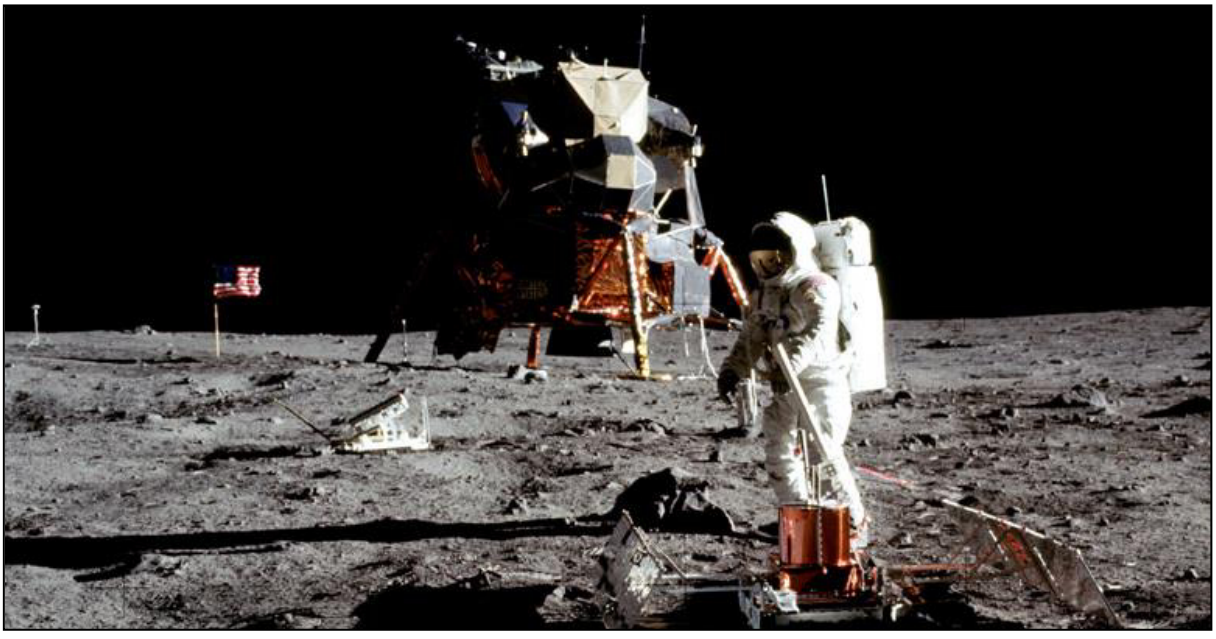
científicos con los que se realizarían ciertas experiencias programadas de antemano, una de ellas destinada a analizar las características del llamado "viento solar", requería la instalación de un poste con una delgada hoja de aluminio en su extremo, en las que se recogerían muestras de las partículas emitidas por el Sol y que llegaban con gran intensidad a la Luna (al carecer esta de atmósfera que las absorbiera).

Otra de las experiencias consistía en la instalación de un detector de gran sensibilidad con el que obtendría datos sobre la actividad sísmica en el satélite natural, también se instaló un equipo reflector de rayos láser, gracias al cual se podría medir con máxima precisión la distancia existente entre la Luna y nuestro planeta.

El presidente Nixon estableció un contacto radiofónico con los astronautas en la superficie lunar y sus palabras eran de elogio y satisfacción por la azaña realizada.

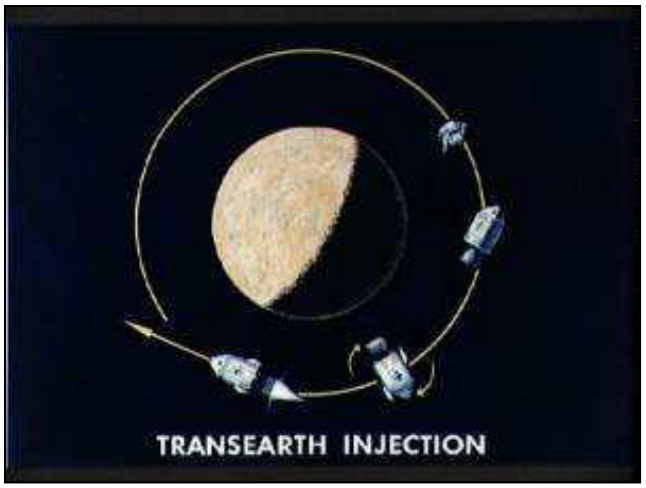
Las operaciones en la superficie lunar se desarrollaron como estaban previstas, los experimentos científicos se completaron todos y se hicieron minuciosas tomas de muestras rocosas, de diferentes tamaños y consistencias, todas con su debido rótulo señalado con una numeración y sellado al vacio y en bolsas preparadas para ese cometido

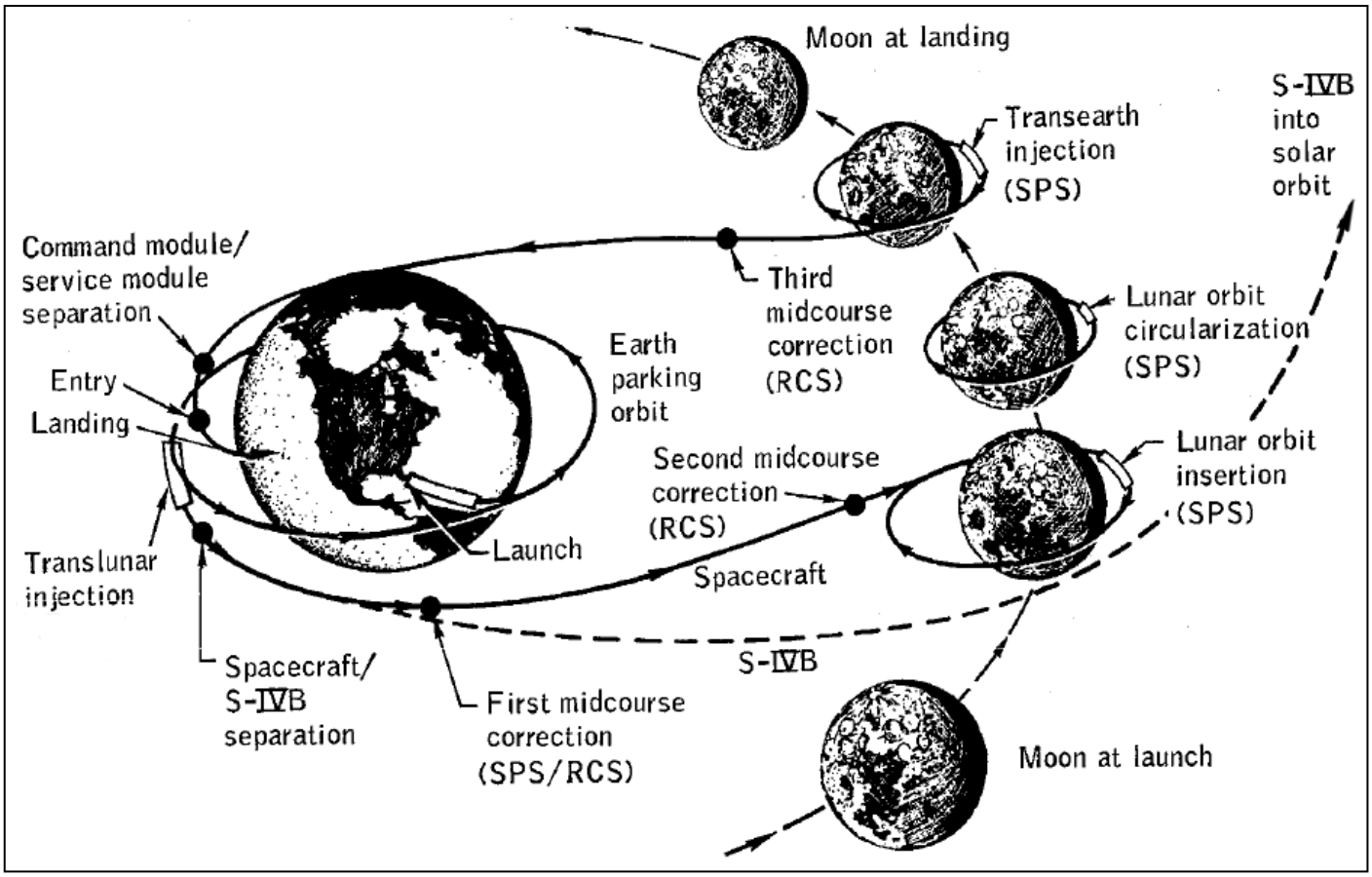




Luego de 7 hrs de sueño, el 21 de julio se daba por terminada la primera exploración humana de la Luna y los astronautas, finalmente se dispusieron a abandonar el lugar, se prepararon para encender el motor de ascenso del Eagle cuya parte superior se separaba del resto para emprender una orbita que los llevaría en reencuentro con Collins, el acoplamiento con la nave Apollo se realizó sin la menor dificultad.

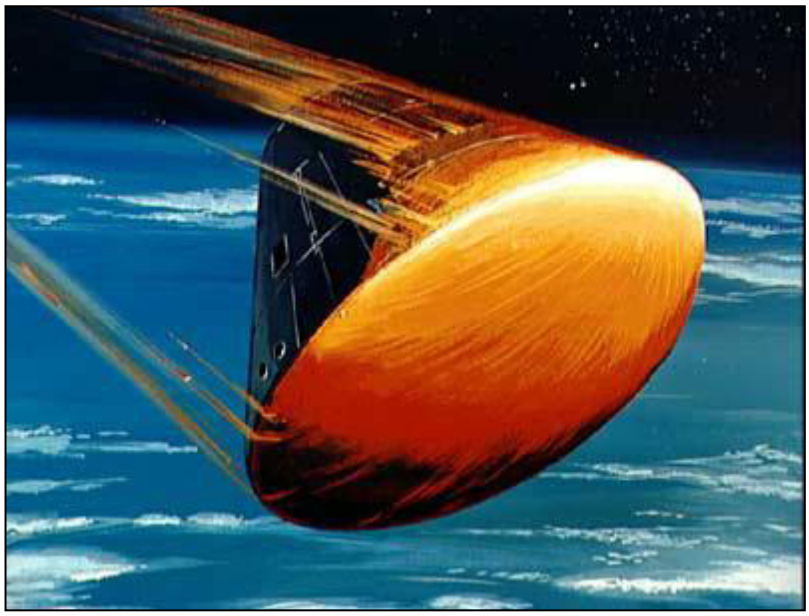
Luego de desechar el LEM (que posteriormente se estrelló en la superficie lunar), se utilizó el sistema de propulsión del CSM para insertar la nave en una inyección transterrestre (TEI), lo que significaba que Apollo-11 regresaría a la Tierra en una trayectoria que permitiría un descenso controlado hacia el Océano Pacífico.





Amerizaje

Una vez desprendido del Módulo de Servicio y abandonado en el espacio para que se perdiera en los confines del Sistema Solar, la nave Apollo (más bien el Módulo de Comando) dejaba su órbita selenocéntrica e iniciaba su recorrido hacia la Tierra, las operaciones a realizar serían rutinarias, ya que habían sido experimentadas en dos ocasiones, durante las misiones Apollo-8 y Apollo-10 sin incidentes.



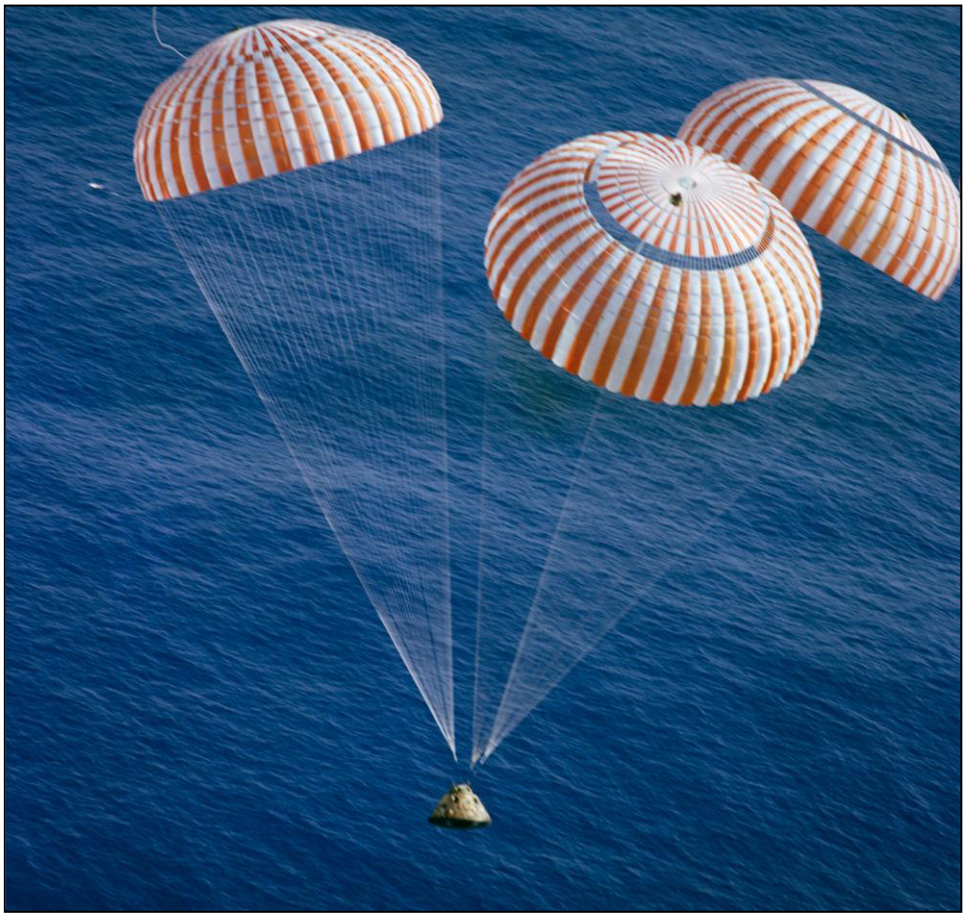
El 24 de julio, como estaba previsto, el Columbia ajusto su orientación con respecto a la superficie de la Tierra usando sus propulsores para que la base del módulo mirara hacia la superficie de la Tierra.

La temperatura en la superficie del Módulo de Comando ascendió a aproximadamente 5000 °C, pero los escudos térmicos protegieron su estructura interna, el escudo térmico era ablativo, lo que significaba que estaba diseñado para derretirse y erosionarse a medida que se calentara, desde el suelo, parecería que se había incendiado durante su descenso, en realidad, la cobertura ablativa era lo que mantenía a los astronautas seguros, el material desviaba el calor a medida que vaporizaba.

La atmósfera actuó como un sistema de frenado en la nave espacial. Para frenar aún más el descenso del Columbia, la nave espacial utilizó paracaídas desplegados, la nave espacial tenía tres paracaídas grandes y podía aterrizar con seguridad con solo dos desplegados y su parte superior albergaba varios globos y compresores de aire, si amerizaba boca abajo en el océano, los astronautas podrían activar los globos en un intento de girar la nave espacial en posición vertical.

Una vez a salvo en el océano, el sistema de ventilación de la nave espacial permitió la entrada de aire fresco a la cápsula, los astronautas usaron balizas de recuperación VHF y radios para guiar al barco de recuperación más cercano en la zona, que en ese momento era el portaaviones Hornet.

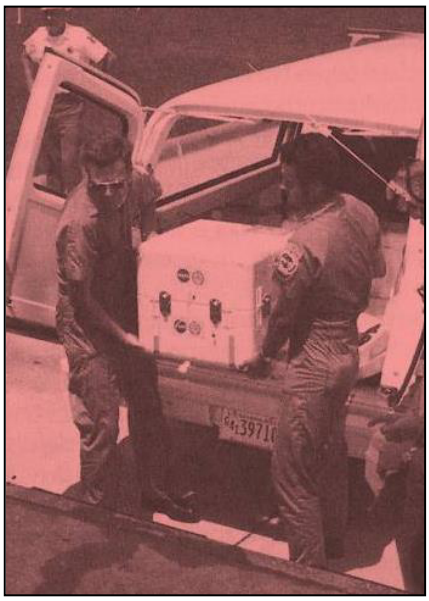
Apollo-11 amerizó a 1800 Km de las Islas Hawaii, la duración total del vuelo había sido de 195 hrs. 18 min, siendo recogidos sus ocupantes por los helicóperos del portaaviones Hornet y llevados a la cubierta del mismo, llevaban unos trajes especiales de protección biológica y permanecieron en cuarentena en una habitación aislada especialmente diseñada, hasta que los médicos decidieran si eran o no portadores de algún germen desconocido en la Tierra.



Presidente Nixon hablando con los astronautas y Móvil de Cuarentena en el Museo Smithsoniano (abajo)

.

Se extrajeron de la Luna 22 Kg de muestras, entre rocas y polvo, fueron debidamente documentadas, seriadas y explicando con qué instrumento fueron extraídas, fueron cuidadosamente llevadas a distintos laboratorios para su estudio y muchas muestras fueron donadas a distintos museos, observatorios y planetarios del mundo, el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, tiene en exhibición permanente a muestras lunares donadas por el presidente Nixon a Argentina, como también una bandera Argentina que fue llevada en el Apollo-11.



APOLLO 11

TOOL OR CONTAINER	PART NUMBER	SERIAL NO.	WEIGHT (g)	
Bag, Documented Sample, Flat, Rectangular-shape		16	9.0	
Bag, Documented Sample, Flat, Rectangular-shape		18	9.0	
Bag, Documented Sample, Flat, Rectangular-shape		19	9.0	
Bag, Documented Sample, Flat, Rectangular-shape		20	9.0	
Bag, Documented Sample, Flat, Rectangular-shape	M-11306-EM-020-E	1005	117.0	
Bag, Documented Sample, Flat, Rectangular-shape		17	9.0	
Bag, Weigh	M-10543-EM-001-E	1003	125.0	
Bag, Weigh	M-10543-RM-001-E	1003	141.0	
Bag, Weigh, tether hook	SEB33100200-307	1107	91.0	
Container, Apollo Lunar Sample Return (ALSRC) aluminum mesh packing material			2930.0	
Container, Apollo Lunar Sample Return (ALSRC)	EM-64416/2	1003	5897.0	
Container, Apollo Lunar Sample Return (ALSRC)	EM-64416/2	1004	5897.0	
Container, Apollo Lunar Sample Return (ALSRC) aluminum mesh packing material			2926.0	
Container, Contingency Sample, Soft	M11329-EK-004-D-04*		1180.0	*
Container, Gas Analysis Sample (GASC)	DM-40020-L	1002	159.0	
Container, Special Environment Sample (SESC)	DM-40021-K	1004	376.0	
Drive Tube, 2-cm Diameter	SEB39100375-204	2007	236.5	
Drive Tube, 2-cm Diameter	SEB39100375-206	2008	236.5	
Extension Handle, Short	SEB39100314*		590.0	*
Hammer, Light-weight	SEB39100319*		860.0	*
Scale, Sample	SEB39104275-303	1002	499.0	
Scoop, Box-shape	SEB39103122*		410.0	*
Tongs, Small	SEB39100340*		140.0	*
TOTAL WEIGHT for APOLLO 11			22856.0	grams

Finalmente, los astronautas Aldrin, Armstrong y Collins, luego de su viaje, fueron recibidos por distintas personalidades del mundo y recorrieron la mayoría de los países, siendo agasajados y saludados por millones de personas, por su condición de héroes nacionales, ninguno de los tres volvería al espacio.

Existe una curiosa historia de la llegada de un banderín del Club Atlético Independiente de Argentina a nuestro satélite natural.

Fue consecuencia de una propuesta del, por entonces secretario de Cultura y de Relaciones Públicas del club Héctor Rodríguez, quien ante el inminente viaje del Apollo-11 propuso convertir en socios honorarios a Armstrong, Aldrin y a Collins, la idea tuvo aceptación en el club y fueron firmados por el en ese entonces tesorero y vicepresidente de Independiente.

De ese modo, Aldrin fue el afiliado número 80399, Armstrong el 80400 y Collins el 80401, dichos carnets llegaron a destino antes de la partida del Apolo-11 y tenían como fotografías las oficiales, facilitadas por la embajada de Estados Unidos, en la que los tres aparecen con sus respectivas escafandras, además se les enviaron equipos completos de Independiente para sus hijos varones y banderines del club.

En mayo de 1969, el propio Armstrong agradeció el gesto a través de una carta y le expresó su deseo de "-*poder visitar Buenos Aires pronto y que las circunstancias me permitan aceptar su invitación de visitar el club*-", (algo que finalmente no ocurrió) sin embargo, en la visita que Armstrong y Collins realizaron a la Argentina en octubre de 1969, como parte de una gira mundial organizada para celebrar el vuelo lunar (foto), Rodríguez fue invitado a participar en una recepción que se realizó en la embajada estadounidense, ese día, por medio de una traductora, y en presencia del embajador norteamericano, Armstrong le confesó al dirigente de Independiente que el banderín del club había realizado todo el viaje a la Luna y les trajo suerte, el contacto del club con los astronautas continuó en setiembre de 1996, cuando Rodríguez volvió a enviarles camisetas del club, las que fueron entregadas directamente en la base Cabo Cañaveral.

Sin dudas, fueron momentos impactantes que aun quedan en el recuerdo de aquellos que lo vivieron, ya sea, en vivo, diarios, o por televisión.

Astronautas Armstrong y Collins saludando en calle Santa Fe (Buenos Aires) durante su visita.

Fuentes de información y fotos vertidas en el contenido de esta publicación

Daniel Marín, Blog Naukas

Historia de la Astronáutica, 1980, Tomo-2, Riego Ediciones

La Nación, diario, 2012

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Programa Apollo de NASA, Carlos González

Proyecto Apollo, Tom Alexander

Planetario de la Ciudad de Buenos Aires

Revista de Tecnología e Informática Histórica N°4, 2016, Museo ICATEC

Viaje a la Luna, Willy Ley, 1965

Apollo-11, Wikipedia, enciclopedia virtual

CAPSULA ESPACIAL REVISTA DIGITAL

CAPSULA ESPACIAL

capsula-espacial.blogspot.com